

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

To:

VONNEMANN, Gerhard  
An der Alster 84  
D-20099 Hamburg  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 24 August 1999 (24.08.99)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference 1 02 071	
International application No. PCT/DE98/00683	International filing date (day/month/year) 05 March 1998 (05.03.98)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant
 ☐ the inventor
 ☐ the agent
 ☐ the common representative

Name and Address JENAU, Frank Berliner Strasse 158 D-03046 Cottbus AND SCHWART, Harald Am Feldrain 29 D-03054 Cottbus Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person
 ☐ the name
 ☐ the address
 ☐ the nationality
 ☐ the residence

Name and Address KOMMANDITGESELLSCHAFT RITZ MESSWANDLER GMBH & CO. Salomon-Heine-Weg 72 D-20251 Hamburg Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 3. Further observations, if necessary:

The applicants identified in box 1. have assigned their rights to the applicant identified in box 2. They remain applicants/inventors for the US only.

## 4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Jocelyne Rey-Millet Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

VONNEMANN, Gerhard  
An der Alster 84  
D-20099 Hamburg  
ALLEMAGNEDate of mailing (day/month/year)  
12 October 1998 (12.10.98)Applicant's or agent's file reference  
1 02 071

## IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.  
PCT/DE98/00683International filing date (day/month/year)  
05 March 1998 (05.03.98)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant ☐ the inventor ☒ the agent ☐ the common representative

## Name and Address

SELTMANN, Reinhard  
Pätzelt & Seltmann  
Burgstrasse 9  
D-03046 Cottbus  
Germany

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

0355 31731

Facsimile No.

0355 31731

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☒ the person ☐ the name ☒ the address ☐ the nationality ☐ the residence

## Name and Address

VONNEMANN, Gerhard  
An der Alster 84  
D-20099 Hamburg  
Germany

State of Nationality

State of Residence

Telephone No.

040- 28 08 130

Facsimile No.

040- 28 08 1331

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned  
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned  
☒ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Yolaine CUSSAC

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

United States Patent and Trademark  
Office  
(Box PCT)  
Crystal Plaza 2  
Washington, DC 20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year)

12 October 1998 (12.10.98)

International application No.

PCT/DE98/00683

Applicant's or agent's file reference

1 02 071

International filing date (day/month/year)

05 March 1998 (05.03.98)

Priority date (day/month/year)

05 March 1997 (05.03.97)

Applicant

JENAU, Frank et al

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

19 September 1998 (19.09.98)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Yolaine CUSSAC

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 04 JUN 1999

WIPO PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

57



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 0458RO	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE98/00683	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 05/03/1998	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 05/03/1997
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01R15/24		
Anmelder JENAU, Frank et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 10 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
  - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 17 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderische Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  19/09/1998	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  01.06.99
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. (+49-89) 2399-0 Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Mieszkowski, P  Tel. Nr. (+49-89) 2399 8974 

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE98/00683

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

### Beschreibung, Seiten:

10-21 ursprüngliche Fassung

1-10 eingegangen am 12/04/1999 mit Schreiben vom 12/04/1999

### Patentansprüche, Nr.:

1-25 eingegangen am 12/04/1999 mit Schreiben vom 12/04/1999

### Zeichnungen, Blätter:

1/4-4/4 ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

3. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

**siehe Beiblatt**

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

**siehe Beiblatt**

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

**1. Feststellung**

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	2,7,8,11-16,21-24
	Nein: Ansprüche	1,3-6,9,10,17-20,25
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	
	Nein: Ansprüche	1-25
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-25
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen**

**siehe Beiblatt**

**VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

**siehe Beiblatt**

**VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

**siehe Beiblatt**

Zu Punkt I.3.:

Die ursprünglichen Unterlagen (und, bezüglich des unten, in diesem Absatz genannten Merkmals a)iii., insb. die speziell dafür angegebenen Passagen, nämlich ursprüngliche Seite 11, Absatz 2, bis Seite 13, Absatz 2, und Seite 14, Absatz 1) offenbaren **nicht** die nachfolgend aufgezählten, in den neuen Ansprüchen aufgeführten Merkmale:

a) Anspruch 1:

- i. "... daß die Meßstrecke einen wesentlichen Teil einer Strecke umfaßt, über der die ... Spannung ... abfällt";
- ii. "... von Sensorkristallen ... deren ... Anordnung die wesentliche Erfassung einer ... Feldverteilung erlaubt" und
- iii. "... um ... ein der zu bestimmenden Gesamtspannung U proportionales Maß U mit hoher Genauigkeit zu ermitteln";

b) Ansprüche 7 und 8:

Im neuen Anspruchswortlaut ist jeweils in der drittletzten und vorletzten Zeile die Formulierung "... ein ... verwendeter Faktor K" benutzt. Da jeweils in der sechstletzten Zeile dieser Ansprüche 7 und 8 bereits "ein Faktor K" erwähnt ist, ist der in der drittletzten und vorletzten Zeile mit dem unbestimmten Artikel versehene "Faktor K" als **zusätzlicher** Faktor K zu interpretieren. Ein derartiger zusätzlicher Faktor ist aber von den ursprünglichen Unterlagen nicht gedeckt.

Zu Punkt I.4.:

Aufgrund der gewählten Numerierung der neu eingereichten Seiten 1-10 ist zusätzlich zu diesen Seiten 1-10 und den oben genannten ursprünglichen Seiten 11-21 die ursprüngliche Seite 10 weiterhin mit zu berücksichtigen (dies gilt auch für die letzten neun Zeilen der ursprünglichen Seite 9, die offensichtlich nicht durch die neue Seite 10 ersetzt worden sind).

Zu Punkt V.:

a) Allgemein ist festzustellen:

Da gemäß Eingabe vom 12.04.99, Seite 3, Absatz 2, der "Kern der Erfindung" mit den oben als ursprünglich nicht so offenbarten Merkmalen ausgedrückt wird, kann auf der Basis des neuen Anspruchs 1 keine begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) PCT erstellt werden. Daher wird eine solche Feststellung für die ursprünglich eingereichten Ansprüche 1-25 abgegeben.

b) Neuheit:

i. Entgegenhaltung

(A) FR-A-1 484 684,

insb. Seite 1, Absatz 1, linke Spalte, letzter Absatz bis Spalte 2, Absatz 1; Seite 1, letzter Absatz bis Seite 3, Absatz 1; Ansprüche 1, 2 und 5; Figuren 1 bis 5, offenbart alle technischen Merkmale der ursprünglichen Ansprüche 1, 3 bis 6, 9, 10, 17 bis 20 und 25, soweit diese Ansprüche beurteilt werden können.

ii. Somit sind die Gegenstände dieser Ansprüche 1, 3 bis 6, 9, 10, 17 bis 20 und 25 nicht neu.

c) Soweit die Gegenstände der restlichen Ansprüche beurteilt werden können, gehen sie nicht über das fachübliche Vorgehen hinaus.

Im einzelnen:

i. Druckschrift (A) offenbart auf Seite 2, rechte Spalte, drittletzter Absatz, auch das Prinzip, auf dem die im Anspruch 2 dargelegte Kompensation beruht, wenn auch in (A) nicht von einer "Temperaturkompensation" als solcher sondern nur von einer "Kompensation" im allgemeinen die Rede ist. Es ist jedoch allgemeines Fachwissen, daß auf dem vorliegenden

Gebiet der optischen Messung von Spannungen eine Temperaturkompensation, wie sie im Anspruch 2 dargelegt ist, gang und gäbe ist, siehe nur z.B. Entgegenhaltung

(B) GB-A-1 570 802,

insb. Figur; Seite 1, Zeilen 6 bis 30; Seite 2, Zeilen 6 bis 28; Seite 3, Zeilen 7 bis 61, die außer einer direkten Erwähnung des (als selbstverständlich bekannten) Anwendungsgebietes "Wechselspannung" zudem alle technischen Merkmale der Ansprüche 1 bis 6, 9, 10, 17 bis 20 und 25 offenbart (und zwar anhand eines Sensorelements, bei dem die Sensorkristalle keine zwischengeschalteten Impedanzen aufweisen).

ii. Auch die in den Ansprüchen 7 und 21 beanspruchte Normierung, die, wie in Anspruch 7 dargelegt ist, unter Verwendung des Gleich- und Wechselanteils des detektierten Sensorausgangssignals stattfindet, stellt eine in Fachkreisen allgemein übliche Vorgehensweise dar. Siehe hierzu insb. Entgegenhaltung

(C) WO 95/10046,

insb. Zusammenfassung; Seite 1, Zeilen 12 bis 32; Seite 5, Zeilen 9 bis 27; Anspruch 1; Figuren 7 und 8 mit zugehörigem Text. Die in den genannten Ansprüchen 7 und 21 zusätzlich erwähnte Verwendung einer Regelschleife stellt einen im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen üblicherweise unternommenen Schritt dar.

iii. Es bedarf auch keiner erfinderischen Tätigkeit, um, wie im Anspruch 8 beansprucht, für die oben genannte Normierung alternativ den Wechselanteil und den Spitzenwert des Signals heranzuziehen.

iv. Die in den Ansprüchen 11 bis 16 angegebenen Materialien für die entsprechenden optischen Elemente sind auf dem einschlägigen Fachgebiet allgemein üblich, siehe nur z.B. Entgegenhaltung

(D) DE-A-3 404 608,

insb. Seite 6, Absatz 2.

v. In einer Regelschleife zur Erzeugung des geregelten Signals einen Integrator, einen Tiefpaß oder einen Spitzenwertgleichrichter einzusetzen, wie in den Ansprüchen 22 bis 24 dargelegt, gehört zum allgemeinen Rüstzeug des einschlägigen Fachmanns.

Zu Punkt VII.:

a) Dadurch, daß gemäß Eingabe vom 12.04.99 die ursprüngliche Seite 9 durch die neue Seite 10 ersetzt werden soll, entsteht in der so zusammengestellten Beschreibung eine durch Weglassen der letzten neun Zeilen der ursprünglichen Seite 9 bedingte Textlücke.

b)i. Die vorliegende Anmeldung verwendet bezüglich des "Pockels-Effekts" keine einheitliche Schreibweise, vgl. z.B. im neuen Anspruch 1 Zeile 13 mit Beschreibung, Seite 14, Zeile 5, von unten.

ii. Zudem ist in den vorliegenden Ansprüchen keine einheitliche Schreibweise bezüglich der den Teilspannungen zugeordneten Symbole eingehalten, vgl. z.B. Ansprüche 4 und 5, wo diese Symbole in Klammern gesetzt sind, mit Anspruch 20, wo sie ohne Klammern verwendet sind.

c) Druckfehler finden sich an den folgenden Stellen: Seite 4, Zeile 15; Seite 9, Zeile 7.

d) Die folgenden Stellen der Beschreibung enthalten keinen korrekten Satzbau: Seite 6, Zeile 9; ursprüngliche Seite 10, Zeile 5 von unten; Seite 12, Zeilen 3 und 2 von unten; Seite 14, Absatz 2, Zeilen 2, 3; Seite 19, Zeilen 11 und 10 von unten.

e) Zudem enthält die vorliegende Beschreibung die folgenden unklaren Passagen:

neue Seite 9, Absatz 2 (keine klare Trennung zwischen einem und mehreren Sensoraktivteilen, vgl. "... daß die am Sensorelement anliegende Spannung an **dem** Sensoraktivteil in **Teilspannungen** abfällt ..."); ursprüngliche Seite 10, Zeilen 2, 3 ("... zur Anpassung der Spannungsebene"); Seite 13, Absatz 4, Zeilen 1, 2 (entgegen dem dortigen Text zeigt Figur 5 keine Lichtquellen); Seite 14, Zeilen 6 bis 4 von unten im Hinblick auf Seite 16, vorletzter Absatz, Zeile 1 (offensichtlich verschiedene Bedeutungen desselben Symbols " $\Gamma$ "); Seite 16, Zeilen 1, 2 (die verwendete Schreibweise könnte so fehlinterpretiert werden, daß verschiedene Bedeutungen des Symbols " $\theta$ " vorliegen); Seite 17 (Gleichung 15 steht im Widerspruch zu dem im davorstehenden Absatz hinsichtlich der Verwendung des "Arcussinus" Ausgesagten).

f)i. Der erste Absatz auf Seite 1 sowie der dritte Absatz auf Seite 6 berücksichtigen nicht den auf die Einrichtung abgestellten unabhängigen Anspruch 9.

ii. Der auf Seite 6, Absatz 3, und Seite 8, Absatz 2, enthaltene Wortlaut ist nicht an den entsprechenden Wortlaut des jeweiligen unabhängigen Anspruchs angepaßt.

g) Die Beschreibungseinleitung weist keine Würdigung des aus den Druckschriften (A) bis (C) Bekannten auf, vgl. Regel 5.1a)ii) PCT.

Zu Punkt VIII.:

Die vorliegenden Ansprüche enthalten die folgenden Unstimmigkeiten und Unklarheiten (vgl Artikel 6 PCT):

a) Unabhängige Ansprüche 1 und 9:

i. Obwohl auf der neuen Seite 6 aus der Aufgabenstellung die in der ursprünglichen Aufgabenstellung enthaltene Passage, daß "Maßnahmen enthalten (sein sollen), die die Auswirkungen von Temperaturänderungen auf optische und elektrische Parameter der Einrichtung reduzieren"

gestrichen worden ist, sind die verbleibenden Teile der Anmeldung dennoch darauf abgestellt, daß **auch weiterhin** die Aufgabe besteht, diese Auswirkungen zu reduzieren, vgl. **nur z.B.** in der Beschreibung Seite 4, Absätze 1 und 2, wo die Diskussion des relevanten Standes der Technik auf den Nachteil hinweist, der dort durch mangelnde Kompensation der Temperaturcharakteristik gegeben ist. Da der Stand der Technik im Hinblick auf die Erfindung diskutiert wird, legen diese beiden Diskussionsbeiträge nahe, daß mit der vorliegenden Anmeldung die genannten Nachteile behoben werden.

ii. Derartige Maßnahmen zur Kompensation der Temperaturcharakteristik sind in den vorliegenden unabhängigen Ansprüchen 1 und 9 jedoch nicht enthalten (sie sind erstmals in den Ansprüchen 2 und 10 aufgeführt), wodurch diese Ansprüche 1 und 9 nicht alle zur Lösung der zugrunde liegenden Aufgabe wesentlichen Merkmale aufweisen.

b) Anspruch 1:

i. Die bereits oben in Absatz "Zu Punkt I.3.a)ii." im Hinblick auf Artikel 34(2)(b) PCT bereits beanstandete Formulierung "... die wesentliche Erfassung einer ... Feldverteilung" gibt aufgrund ihrer vagen Aussage auch keine klare Lehre zum technischen Handeln.

ii. Weiterhin wird im Anspruchswortlaut keine einheitliche Terminologie für die mit dem Symbol "U" versehene Spannung verwendet (vgl. Zeile 21: "zu messende Spannung U" mit Zeilen 27, 28: "zu bestimmende Gesamtspannung U").

c) Ansprüche 3 und 4:

Während im vorliegende Anspruch 3 die Formulierung "... verwandt werden" benutzt ist, enthält der vorliegende Anspruch 4 für einen vergleichbaren Fall die Formulierung "... verwendet werden".

d) Ansprüche 7 und 8:

i. In Zeile 19 von Anspruch 7 wie auch im Anspruch 8, Seite 4, Zeile 7, ist jeweils der Bezug des Wortes "deren" unklar.

ii. Die im jeweiligen Anspruchswortlaut enthaltene Formulierung "... Wellen (werden) ... über eine ...gruppe ... in ein ... Signal ... umgewandelt" ist unklar.

e) Im Anspruch 7, fehlt in Zeile 13 zwischen "detektiert" und "und" das Verbum "werden".

f) Im Anspruch 9 ist die Angabe "... Auswertemittel (30) unter Ausnutzung des Pockels-Effekts" in sich unklar.

g) Im Anspruch 19 ist die Angabe "... die Halterung (ist) außerhalb tragend ausgebildet ..." nicht klar.

## Verfahren und Einrichtung zur Messung einer elektrischen Spannung

5 Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Einrichtung zur optischen Messung einer elektrischen Spannung, vorzugsweise einer Hochspannung, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Konventionelle Spannungswandler, die zur Messung von Hochspannungen in energietechnischen Anlagen eingesetzt werden basieren auf einem induktiven Meßprinzip, gegebenenfalls werden zusätzlich kapazitive Spannungsteiler verwendet. Bei herkömmlichen Wandlern steigt der Isolationsaufwand überproportional mit der Übertragungsspannung der Energieversorgungsnetze. Im Zuge zunehmender Digitalisierung der den Wandlern  
15 nachgeordneten Meßtechnik, die im allgemeinen niedrigere Störschwellen aufweist als herkömmliche analoge Meßtechnik, gewinnt die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) an Bedeutung. Aufgrund der induktiv/kapazitiven Kopplung von Primärebene  
20 (Netzseite) zu Sekundärebene (Meß- und Steuerungsseite) bei herkömmlichen Spannungswandlern gestaltet sich deren Einsatz in Verbindung mit digitaler Netztechnik unter EMV-Gesichtspunkten problematisch. Im Vergleich zu herkömmlichen Wandlern ist der Rohstoffeinsatz aufgrund  
25 der kleinen Größe von optischen Baugruppen gering. Optische Wandler benötigen zur Isolierung prinzipiell kein Öl, so daß die Gefahr einer Ölverseuchung angrenzender Erdmassen im Fall einer Wandlerexplosion bei netz- oder geräteseitigen Fehlern nicht existiert.

30 Allgemein bekannt sind bereits optische Meßverfahren aus verschiedenen Druckschriften, die die Messung von elektrischen Feldern und elektrischen Spannungen über den Pockels-Effekt an elektrooptischen Kristallen durchführen. Dabei ändern sich die physikalischen  
35 Eigenschaften eines elektrooptischen Mediums in

Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke derart, daß  
der Polarisationszustand der durch das Sensormedium sich  
ausbreitenden optischen Welle durch eine vom  
elektrischen Feld induzierte lineare Doppelbrechung  
beeinflusst wird. Mit Hilfe einer optischen Anordnung,  
bestehend aus einem Polarisator, einem  
Verzögerungselement, einem elektrooptischen Material und  
einem Analysator ist in Verbindung mit elektronischen  
Auswertemitteln das Meßsignal zwecks Bestimmung der  
elektrischen Spannung transversal oder parallel zur  
Ausbreitungsrichtung der optischen Welle ermittelbar. Um  
eine Trennung der Nutzgröße elektrische Spannung von den  
Störgrößen - nicht zeitlich konstante Dämpfung entlang  
des optischen Signalpfades, Temperaturabhängigkeiten von  
Parametern der eingesetzten optischen Bauteile - zu  
ermöglichen, wird der optische Signalweg in mehr als  
einen Teilstrahl geteilt. Die Teilstrahlen werden über  
verschiedene optische Elemente separaten Empfängern  
zugeführt und die detektierten Signale werden nach  
geeigneter Verarbeitung mit analogen elektronischen  
Mitteln gegebenenfalls einer digitalen  
Signalverarbeitung unterzogen.

In der DE 44 36 454 A1 wird polarisiertes Meßlicht durch  
eine Pockels-Sensoreinrichtung, die unter dem Einfluß  
des Wechselfeldes oder der Wechselspannung steht, auf  
einen Strahlteiler geleitet, der die optische Welle in  
zwei unterschiedliche Polarisations Ebenen aufteilt. Das  
in der Ausführungsform angegebene Verfahren nutzt zur  
Messung des elektrischen Feldes den transversalen  
elektrooptischen Effekt (Fig. 1) aus. Das Verfahren  
eignet sich zur Messung von Spannungen, die transversal  
über dem Sensorkristall abfallen. Eine  
Meßbereichsanpassung ist über eine Änderung der  
Kristalllänge möglich, jedoch ist die maximal zu messende  
Spannung durch die elektrische Festigkeit des  
Sensorkristalls beschränkt. Wegen der in der Praxis

5 begrenzten Kristallabmessungen ist die Messung von Hochspannungen über den transversalen elektrooptischen Effekt technologisch sehr aufwendig, die Messung von „kleinen“ Spannungen unterhalb der elektrischen Festigkeit des Kristallmaterials jedoch durch die Sensitivitätserhöhung durch Verlängerung des Kristalls sinnvoll.

10 In der DE 41 16 298 A1 wird eine Ausführungsform des Meßverfahrens und der durchführenden Vorrichtung beschrieben, die den longitudinalen elektrooptischen Effekt ausnutzt. Eine zu messende elektrische Spannung ruft ein elektrisches Feld im Kristall hervor, dessen Feldlinien parallel zur Ausbreitungsrichtung des Meßlichtes verlaufen. Aufgrund der maximal technologisch  
15 möglichen Kristallabmessungen und der damit verbundenen begrenzten elektrischen Festigkeit steigt der Isolationsaufwand bei Messungen von elektrischen Spannungen im Bereich der maximalen elektrischen Festigkeit der Anordnung beträchtlich.

20 In der DE 41 00 054 C2 wird ein optischer Meßwandler vorgestellt, der über eine Magnetfeldbestimmung ein Maß für den elektrischen Strom liefert und mittels eines eingebauten kapazitiven Teilers den Spannungsabfall an einer Teilkapazität als Maß für die elektrische Spannung  
25 heranzieht. Die Bestimmung der elektrischen Spannung erfolgt nur dann exakt, solange das angegebene Teilungsverhältnis, bestimmt durch Ober- und Unterspannungskapazität, konstant bleibt. Da eine räumlich ausgedehnte Unterspannungskapazität eingesetzt  
30 wird, kann die Kapazität durch eine Feldverzerrung beeinflußt werden, so daß das Teilungsverhältnis des Meßwandlers verändert wird. In der Praxis kann im allgemeinen nicht von konstanten Feldverteilungen ausgegangen werden.

In der DE 34 04 608 C2 wird eine Vorrichtung zur optischen Messung der elektrischen Feldstärke beschrieben, die über ein Übertragungselement eine optische Welle einer Sensoreinrichtung für ein elektrisches Feld zuführt, die den Modulationsgrad der optischen Welle in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke ändert. Es wird darauf verwiesen, daß die verwendeten Sensorkristalle eine geringe Abhängigkeit des optischen Effekts von der Temperatur aufweisen, jedoch findet keine vollständige Kompensation des Temperatureinflusses statt.

In der DE 30 39 136 C2 wird eine Einrichtung zum Messen einer Spannung und eines elektrischen Feldes unter Verwendung von Licht angegeben. Die Patentschrift offenbart die Verwendung eines Bismuth-Germaniumoxid-Kristalls zur Spannungs- und Feldmessung. Es wird angegeben, daß die Temperaturabhängigkeiten der materialspezifischen Konstante mit ca. 0.01 %/K angenommen werden kann. Bei einem Temperaturbereich von  $\Delta T=100K$  kann demzufolge der Fehler 1 % betragen. Für Anwendungen mit höheren Genauigkeiten ist nicht nur eine Kompensation der Temperaturcharakteristik des Sensorkristalls, sondern auch der der Verzögerungsplatte notwendig.

In der DE 28 45 625 A1 wird eine Anordnung zur elektrooptischen Spannungsmessung beschrieben, bei der der longitudinale lineare elektrooptische Effekt an einer piezoelektrischen Faser ausgenutzt wird und durch die räumliche Ausdehnung der Kristallfaser die optischen Auswirkungen der Feldstärkeverteilung entlang der Faser integriert werden. Nach dem heutigen Stand der Technik ist eine derartige Kristallfaser zur Zeit kommerziell nicht erhältlich, so daß dieses Verfahren zur Spannungsmessung in der Praxis großserientechnisch sich bisher nicht durchgesetzt hat.

Aus der DE 21 31 224 C3 ist eine Einrichtung zur Messung von Spannungen an Hochspannungsleitern bekannt, zu der angegeben wird, daß das zur zu messenden Spannung proportionale elektrische Feld die Polarisationssebene von polarisiertem Licht verändert, das in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt ist. Es wird eine Anordnung vorgeschlagen, bei der zur Vergrößerung des Effekts der Lichtwellenleiter mäanderförmig geführt ist. Bei dieser Realisierung ist eine große Temperaturabhängigkeit des Meßsignals zu erwarten, die durch die durch Biegung induzierte lineare Doppelbrechung des Lichtwellenleiters verursacht wird.

Die DE 15 91 976 A1 beschreibt eine elektrisch-optische Spannungs-Reduziervorrichtung und ihre Anwendung zum Messen von Spannungen. Dabei wird die Polarisation eines Lichtbündels, das eine Anzahl elektrooptischer Zellen durchquert, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, geändert und mittels einer Pockels-Zelle über eine Kompensationsschaltung ausgelesen. Die beschriebene Anordnung stellt im Prinzip einen ohmsch/kapazitiven Teiler dar, dessen Spannungsabfälle über Teilkapazitäten optisch ausgelesen werden. Das Verfahren birgt den Nachteil, daß Temperaturabhängigkeiten der optischen Elemente nicht kompensiert werden und daß die vorgeschlagene Vorrichtung technologisch aufwendig und damit kostenaufwendig hergestellt werden muß, da neben den Kosten für den optischen Aufbau die Kosten für den Spannungsteiler antaillen. Ferner macht die Kompensationsschaltung eine Zuführung einer sekundären elektrischen Spannung notwendig.

In der DE 44 36 181 A1 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen einer elektrischen Wechselgröße mit Temperaturkompensation durch Fitting angegeben. Es wird eine Normierungsschaltung vorgeschlagen, die den Quotienten aus Wechsel- zu Gleichsignalanteil des

Intensitätssignals der vom Empfänger detektierten optischen Welle bilden. Zur Durchführung dieser Funktion wird ein Dividierer verwendet. Es werden keine Maßnahmen zur Unterdrückung der Auswirkungen von Toleranzen der Bauteile in der Normierungsstufe angegeben.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen einer elektrischen Wechselspannung mit Hilfe des elektrooptischen Effekts zu schaffen, bei der die Messung unter Freiluftbedingungen auch in der Hoch- und Höchstspannungsebene auf technologisch einfache Art durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird bei dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß eine Meßstrecke einen wesentlichen Teil einer Strecke umfaßt, über der die zu messende Spannung  $U$  abfällt, wobei die Meßstrecke von Sensorkristallen dargestellt wird, deren Anzahl und Anordnung die wesentliche Erfassung einer inhomogenen elektrischen Feldverteilung erlaubt, um aus den einzelnen Feldstärke-Werten durch Integration über die Meßstrecke ein der zu bestimmenden Gesamtspannung  $U$  proportionales Maß  $U'$  mit hoher Genauigkeit zu ermitteln.

Das Sensorelement beinhaltet mindestens ein Sensoraktivteil. Die an dem Sensorelement anliegende Spannung fällt an der Anzahl  $N_{SA,1}$  ( $N_{SA}$  größer oder gleich 1) von Sensoraktivteilen ab, so daß die an dem (den) Sensoraktivteil(en) abfallende(n) Teilspannung(en)  $U_{SA,1} \dots U_{SA,N_{SA}}$  gemessen werden und zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen. Es wird eine Anzahl  $N_{SE}$  ( $N_{SE}$  größer oder gleich 1) von Sensorelementen eingesetzt, so daß die Summe der an ihnen abfallenden Teilspannungen  $U_{SE,1} \dots U_{SE,N_{SE}}$  zur Verfügung steht und zur Ermittlung der zu messenden Gesamtspannung verwendet wird. Die Teilspannungen  $U_{SE,1} \dots U_{SA,N_{SA}}$  setzen jeweils sich

wiederum aus einer Summe von Teilspannungen  $U_{SA,1} \dots U_{SA,NSA}$  zusammen.

Von einer Lichtquelle erzeugtes Meßlicht durchdringt ein  
aus mindestens zwei Sensorkristallen bestehendes  
5 Sensoraktivteil, an dem eine elektrische Spannung  
abfällt. Der Polarisationszustand des Meßlichts wird  
nach Durchlaufen der Sensorkristalle einer weiteren  
Verwendung zugeführt zur Verarbeitung von Informationen,  
die nach geeigneter Auswertung ein Maß für die  
10 elektrische Spannung, die über die Sensorkristalle  
abfällt, darstellen, wobei die Anzahl  $N_{SK}$  der  
Sensorkristalle auf der Meßstrecke, bezogen auf die  
Inhomogenität der elektrischen Feldverteilung,  
hinreichend groß gewählt wird und die Länge der  
15 Meßstrecke in derselben Größenordnung liegt wie die  
Länge der Strecke, über die die zu messende Spannung  
abfällt.

Das Sensoraktivteil beinhaltet mindestens ein optisches  
Element aus einem Material mit temperaturabhängiger  
20 optischer Aktivität. Die Temperaturabhängigkeit der  
optischen Aktivität wird als Maß für die am  
temperaturabhängigen optischen Element herrschende  
Temperatur für die Bewertung der Meßwerte zur Verfügung  
gestellt. Das Sensoraktivteil ist so ausgebildet, daß  
25 die darin enthaltenen Sensorkristalle hintereinander in  
derselben kristallographischen Orientierung von einem  
einzigsten Lichtstrahl durchstrahlt werden und die  
Auswirkungen der elektrooptischen Effekte in den  
Einzelkristallen addiert werden, sowie die Summenwerte  
30 als Basis für die Ermittlung der am Sensoraktivteil  
anliegenden Spannung bereitstehen und verwandt werden.  
Das Sensoraktivteil weist einen Träger auf, der zur  
Halterung und Justierung der eingesetzten Kristalle  
dient.

Die von den Sensoraktivteilen übermittelten optischen Wellen werden detektiert und jeweils als Signal I über eine in zweckentsprechenden Auswertemitteln enthaltene Baugruppe in ein normiertes Signal  $I_N$  umgewandelt. Das

5 detektierte Signal I hat einen Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe, die sich mit der Frequenz der zu messenden Spannung zeitlich ändert, deren Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird. Die Änderung eines

10 Gleichanteiles  $I_{DC}$  wird als weitere kennzeichnende Größe des detektierten Signals I mit der Zeitkonstante  $T_{DC}$  beschrieben, wobei die Zeitkonstante  $T_{DC}$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$  und die Normierung über eine Multiplikation des detektierten Signals I mit einem Faktor K in der Art und Weise geschieht, daß der Gleichanteil des normierten

15 Signals  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und der zur Aufbereitung verwendete Faktor K in einer geschlossenen Regelschleife ermittelt wird. Es ist ebenso möglich, anstatt des Gleichanteils den Spitzenwert zu erfassen und weiterzuverwenden.

20 Eine zweckentsprechende Einrichtung zur Messung einer elektrischen Wechselspannung verfügt mindestens über eine Lichtquelle, mindestens eine optische Übertragungsstrecke, mindestens ein Sensoraktivteil und über Auswertemittel unter Ausnutzung des Pockels-

25 Effekts. Das Sensoraktivteil verfügt über mindestens zwei elektrooptische von einem polarisierten Meßlicht durchdrungene Sensorkristalle, denen ein temperaturabhängiges optisches Element nachgeordnet sein kann. Die von einem polarisierten Meßlicht

30 durchdrungenen Kristalle sowie das temperaturabhängige optische Element bestehen vorzugsweise aus den Materialien  $Bi_4Ge_3O_{12}$ ,  $Bi_4Si_3O_{12}$  oder  $Bi_{12}GeO_{20}$ ,  $Bi_{12}SiO_{20}$  beziehungsweise aus Verbindungen der Kristallgruppe  $\bar{4}3m$  oder 23.

Das Sensoraktivteil besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden gerichteten mittels eines einzigen Lichtstrahles durchstrahlbaren in derselben kristallographischen Orientierung befindlichen  
5 Sensorkristallen, die zur gegenseitigen Orientierung justierbar in Durchstrahlungsrichtung in oder an einem zweidkentsprechenden Träger angeordnet sind. Vorzugsweise fluchten diese axial.

Das Sensorelement enthält eine Vorrichtung, die es  
10 gestattet, ein Sensoraktivteil oder mehrere so anzuordnen, daß die am Sensorelement anliegende Spannung an dem (den) Sensoraktivteil(en) in Teilspannungen abfällt und die Summe der Teilspannungen gleich der anliegenden Spannung ist. Über Halte- und  
15 Feldsteuerelemente können Sensorelemente derart kombiniert werden, daß die an Ihnen anliegende Spannung in Teilspannungen an den einzelnen Sensorelementen abfällt.

Die Einrichtung beinhaltet als Auswertemittel mindestens  
20 eine Baugruppe, über die die Normierung des detektierten Signals I über eine Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durchgeführt wird, wobei der Faktor von einer Funktionseinheit generiert wird, deren Eingangsgröße die Differenz aus einem Referenzsignal und  
25 aus dem mit einem Faktor beaufschlagten Eingangssignal darstellt. Als Funktionseinheit kann zweckmäßigerweise ein Integrator, ein Tiefpaß oder ein Spitzenwertgleichrichter benutzt werden.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß die  
30 erfindungsgemäße Einrichtung einen modularen Aufbau aufweist, so daß die Einrichtung zur Spannungsmessung in verschiedenen Spannungsebenen anzupassen ist, ohne daß grundlegende konstruktive Änderungen vorzunehmen sind. Durch diese Maßnahme kann durch Erhöhung der Stückzahl

eines Sensoraktivteils ein Spannungswandler kostengünstig realisiert werden.

- 5 Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die diskrete Summation der elektrischen Feldstärke zur Näherung der anliegenden elektrischen Spannung durch die Verwendung einer Vielzahl von Sensorkristallen durchgeführt wird. Dadurch kann auf den Einsatz von langen Kristallstäben, an denen die zu messende Spannung angelegt wird, verzichtet werden. Aufgrund der kleineren  
10 Kristallvolumina ist dadurch eine Kostensenkung zu erwarten. Durch den Einsatz eines temperaturabhängigen optischen Elements als Temperatursensor ergibt sich die Möglichkeit, temperaturabhängige Effekte kompensieren zu können.
- 15 In der Normierungsstufe der Auswerteschaltung wird ein Regelkreis zur Durchführung der Normierung vorgeschlagen, der durch die Verwendung einer Rückkopplung im Gegensatz zu Verfahren ohne Rückkopplung Bauteiletoleranzen ausgeregelt. Durch diesen Regelkreis  
20 können nachfolgende analoge und digitale Schaltungen vorteilhaft angesteuert werden.

- 25 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß ein diskreter Spannungsteiler zur Steuerung des Spannungsabfalls beim vorgeschlagenen optischen Wandler nicht notwendig ist. Durch die Integration der elektrischen Feldstärkekomponente auf der Meßstrecke wird die Bestimmung der elektrischen Spannung gemäß ihrer Definition durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung einer elektrischen Wechselspannung, bei dem unter Verwendung  
5 mindestens einer Lichtquelle (31) und mindestens einer optischen Übertragungsstrecke (OS) wenigstens ein Sensorelement (20) und Auswertemittel (30) benutzt werden, bei dem ein  
10 von der Lichtquelle (31) erzeugtes Meßlicht ein aus mindestens zwei Sensorkristallen bestehendes Sensoraktivteil (21) des Sensorelements (20), über dem eine elektrische Spannung abfällt,  
15 durchdringt, und ein aufgrund des Pockels-Effekts veränderter Polarisationszustand des Meßlichts nach Durchlaufen der Sensorkristalle ausgewertet wird, um ein Maß  $U'$  für die elektrische Spannung, die über den Sensorkristallen abfällt, zu  
20 erhalten, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, daß eine Meßstrecke einen wesentlichen Teil einer Strecke umfaßt, über der die zu messende Spannung  $U$  abfällt, wobei die Meßstrecke von Sensorkristallen dargestellt wird, deren Anzahl und Anordnung die wesentliche  
25 Erfassung einer inhomogenen elektrischen Feldverteilung erlaubt, um aus den einzelnen Feldstärke-Werten durch Integration über die Meßstrecke ein der zu bestimmenden Gesamtspannung  $U$  proportionales Maß  $U'$  mit hoher Genauigkeit zu ermitteln.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t, daß ein Sensoraktivteil (21) verwendet wird, das ein Element (16) aus einem Material mit temperaturabhängiger optischer Aktivität aufweist, wodurch ein Maß für die am

temperaturabhängigen optischen Element (16)  
herrschende Temperatur für die Bewertung der  
Mebwerte zur Verrügung gestellt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die im Sensoraktivteil (21) befindlichen  
Sensorkristalle hintereinander in derselben  
kristallographischen Orientierung von einem  
10 einzigen Lichtstrahl durchstrahlt werden und die  
Auswirkungen der elektrooptischen Effekte auf den  
Lichtstrahl in den einzelnen Sensorkristallen  
addiert werden sowie die Summe der Auswirkungen  
der elektrooptischen Effekte in den  
15 Sensorkristallen als Basis für die Ermittlung der  
anliegenden Spannung bereitstehen und verwandt  
werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
20 über einem Sensorelement (20) abfallende  
Teilspannung ( $U_{SE,1}$ ) gemessen und die über  
mindestens einem weiteren Sensorelement (20)  
abfallende Teilspannung ( $U_{SE,2}$ ) gemessen wird und  
die Summe der gemessenen Teilspannungen zur  
Ermittlung der an den Sensorelementen anliegenden  
25 Gesamtspannung zur Verfügung steht und verwendet  
wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
über eine Vielzahl N von Sensorelementen (20-1 bis  
30 20-  $N_{SE}$ ) abfallenden Teilspannungen ( $U_{SE,1}$  bis  
 $U_{SE,NSE}$ ) gemessen werden und die Summe der so  
gemessenen Teilspannungen zur Ermittlung der zu  
messenden Gesamtspannung U zur Verfügung steht und  
verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, da -  
durch gekennzeichnet, daß die  
an einer Anzahl von Sensoraktivteilen (21), die in  
einem Sensorelement (20) enthalten sind,  
5 anliegenden Spannungen ( $U_{SA,1}$  bis  $U_{SA,NSA}$ ) gemessen  
werden und die Summe der so gemessenen Spannungen  
zur Ermittlung der am Sensorelement (20)  
anliegenden Spannung ( $U_{SE}$ ) zur Verfügung steht und  
verwendet wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, da -  
durch gekennzeichnet, daß die  
von dem (den) Sensorelement(en) (20) übermittelten  
optischen Wellen detektiert und das so erhaltene  
Signal I über eine in den Auswertemitteln (30)  
15 enthaltene Baugruppe (40) in ein normiertes Signal  
 $I_N$  umgewandelt wird, wobei das Signal I aus einem  
Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe  
besteht, die sich mit der Frequenz der zu  
messenden Spannung zeitlich ändert, deren  
20 Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird, und die  
Änderung eines Gleichanteiles  $I_{DC}$  als weitere  
kennzeichnende Größe des Signals I mit der  
Zeitkonstante  $T_{DC}$  beschrieben wird, wobei die  
Zeitkonstante  $T_{DC}$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$ ,  
25 wobei die Normierung über eine Multiplikation des  
Signals I mit einem Faktor K in der Art und Weise  
geschieht, daß ein Gleichanteil des normierten  
Signals  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines  
Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und ein zur  
30 Aufbereitung verwendeter Faktor K in einer  
geschlossenen Regelschleife ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, ,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die von dem (den) Sensorelement(en) (20)  
35 übermittelten optischen Wellen detektiert und das

- so erhaltene Signal  $I$  über eine in den Auswertemitteln (30) enthaltene Baugruppe (40) in ein normiertes Signal  $I_N$  umgewandelt wird, wobei das Signal  $I$  aus einem Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe besteht, die sich mit der Frequenz der zu messenden Spannung zeitlich ändert, deren Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird und die Änderung eines Spitzenwertes des Signals als weitere kennzeichnende Größe des Signals  $I$  mit der Zeitkonstante  $T_S$  beschrieben wird, wobei die Zeitkonstante  $T_S$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$ , wobei die Normierung über eine Multiplikation des Signals  $I$  mit einem Faktor  $K$  in der Art und Weise geschieht, daß ein Spitzenwert des normierten Signals  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und ein zur Aufbereitung verwendeter Faktor  $K$  in einer geschlossenen Regelschleife ermittelt wird.
9. Einrichtung zur Messung einer elektrischen Wechselspannung mittels eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung mindestens eine Lichtquelle (31), mindestens eine optische Übertragungsstrecke (OS), mindestens ein Sensorelement (20) und Auswertemittel (30) unter Ausnutzung des Pockels-Effekts aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das (die) Sensorelement(e) (20) jeweils mindestens ein Sensoraktivteil (21) beinhaltet(en), das jeweils mindestens zwei elektrooptische von einem polarisierten Meßlicht aus der Lichtquelle (31) durchdrungene Sensorkristalle ( $SK_1$  bis  $SK_N$ ) aufweist.
10. Einrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß den elektrooptischen, von dem polarisierten Meßlicht

durchdrungenen Sensorkristallen ( $SK_1$  bis  $SK_N$ ) ein weiteres optisches Element (16) nachgeordnet ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
5 elektrooptischen, von dem polarisierten Meßlicht  
durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1$  bis  $SK_N$ ) aus  
dem Material  $Bi_4Ge_3O_{12}$  bestehen.
12. Einrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
10 elektrooptischen, von dem polarisierten Meßlicht  
durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1$  bis  $SK_N$ ) aus  
dem Material  $Bi_4Si_3O_{12}$  bestehen.
13. Einrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
15 elektrooptischen, von dem polarisierten Meßlicht  
durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1$  bis  $SK_N$ ) aus  
einer chemischen Verbindung bestehen, die  
Kristalle der Kristallgruppe  $\bar{4}3m$  bildet.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das weitere optische Element (16) aus dem Material  
 $Bi_{12}GeO_{20}$  besteht.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das weitere optische Element (16) aus dem Material  
 $Bi_{12}SiO_{20}$  besteht.
16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das weitere optische Element (16) aus einer  
chemischen Verbindung besteht, die Kristalle der  
Kristallgruppe 23 bildet.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Sensoraktivteil (21) aus mehreren  
aufeinanderfolgenden gerichteten, mittels eines  
5 einzigen Lichtstrahls durchstrahlbaren, in  
derselben kristallographischen Orientierung  
befindlichen Sensorkristallen besteht.
18. Einrichtung nach Anspruch 17, dadurch  
gekennzeichnet, daß die  
10 Sensorkristalle von einer räumlichen Halterung  
umfaßt sind, die die Orientierung mehrerer  
Sensorkristalle in Durchstrahlrichtung  
gewährleistet.
19. Einrichtung nach Anspruch 18, dadurch  
15 gekennzeichnet, daß die räumliche  
Halterung die Sensorkristalle außerhalb tragend  
ausgebildet ist und die Sensorkristalle in  
Durchstrahlrichtung orientiert sind.
20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19,  
20 dadurch gekennzeichnet, daß  
bei Verwendung von mindestens zwei Sensorelementen  
(20) diese so angeordnet sind, daß an ihnen die  
Teilspannungen  $U_{SE,1}$  bis  $U_{SE,NSE}$  abfallen und die  
Summe der Teilspannungen die zu messende  
25 Gesamtspannung  $U$  ergibt.
21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß  
die Auswertemittel (30) mindestens eine Baugruppe  
(40) beinhalten, über die die Normierung des  
detektierten Signals 1 über eine Multiplikation  
des Eingangssignals mit einem Faktor durchgeführt  
wird, wobei der Faktor von einer Funktionseinheit  
generiert wird, deren Eingangsgröße die Differenz

aus einem Referenzsignal und aus dem mit dem Faktor beaufschlagten Eingangssignal darstellt.

- 5 22. Einrichtung nach Anspruch 21, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
Funktionseinheit ein Integrator ist.
23. Einrichtung nach Anspruch 21, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
Funktionseinheit ein Tiefpaß ist.
- 10 24. Einrichtung nach Anspruch 21, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
Funktionseinheit ein Spitzenwertgleichrichter ist.
- 15 25. Einrichtung nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t, daß mehr als zwei  
Sensoraktivteile (21) verwendet werden und die  
Anzahl  $N_{SK}$  der Sensorkristalle in den  
Sensoraktivteilen verschieden sein kann.

VERTEILUNG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

REC'D	03 JUL 1998
WIPO	PCT

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>1 02 071</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 98/ 00683</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>05/03/1998</b>
	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>05/03/1997</b>
Anmelder <b>JENAU, Frank et al.</b>	

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nichtrecherchierbar erwiesen (siehe Feld I).
2. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).
3. ☐ In der internationalen Anmeldung ist ein Protokoll einer Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz offenbart; die internationale Recherche wurde auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt,
  - ☐ das zusammen mit der internationalen Anmeldung eingereicht wurde.
  - ☐ das vom Anmelder getrennt von der internationalen Anmeldung vorgelegt wurde,
    - ☐ dem jedoch keine Erklärung beigelegt war, daß der Inhalt des Protokolls nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der eingereichten Fassung hinausgeht.
  - ☐ das von der Internationalen Recherchenbehörde in die ordnungsgemäße Form übertragen wurde.
4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung
  - ☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - ☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt.

VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR MESSUNG EINER ELEKTRISCHEN SPANNUNG

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung
  - ☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.
  - ☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der Feld III angegebenen Fassung von dieser Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Internationalen Recherchenbehörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.
6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen:
  - Abb. Nr. 3 ☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen ☐ keine der Abb.
  - ☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.
  - ☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Verfahren und Einrichtung zur Messung einer elektrischen Spannung gestatten eine Messung unter Freiluftbedingungen auch in der Hoch- und Höchstspannungsebene. Einflüsse unter Temperaturänderungen auf optische und elektrische Parameter der Einrichtung werden reduziert, indem Verfahren und Einrichtung unter Verwendung von Lichtquellen, mindestens einer optischen Übertragungsstrecke, wenigstens einem Sensorelement mit mindestens einem Sensoraktivteil (21) und einer Vielzahl von Sensorkristallen (SKi) und Auswertemittel unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts als Mass für die Temperatur die optische Aktivität heranziehen. Von einer Lichtquelle erzeugtes Messlicht durchdringt ein aus mindestens 2 Sensorkristallen bestehendes Sensoraktivteil, das mindestens einmal im Sensorelement vorhanden ist, an dem eine elektrische Spannung abfällt. Basis der Messung ist der Polarisationszustand des Messlichts. Das Sensorelement kann aus einer Vielzahl von Sensoraktivteilen bestehen, wobei die Summenbildung aus den Teilspannungen zur Gesamtspannung korreliert. Mehrere Sensorelemente können kombiniert werden. Übermittelte optische Wellen werden detektiert und in Signale umgewandelt. Die Einrichtung besteht aus Lichtquellen, optischen Übertragungsstrecken, Sensorelementen, Sensoraktivteilen und Auswertemitteln (32,33). (Fig.3)

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 6 G01R15/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 1 484 684 A (MERLIN & GERIN) ✓ 20. September 1967 siehe Seite 1, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 2, linke Spalte, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildungen ---	1-6, 9-20, 25
X	GB 1 570 802 A (CENTRAL ELECTR GENERAT BOARD) 9. Juli 1980 ✓ siehe Seite 3, Zeile 9 - Zeile 30; Abbildung siehe Seite 3, Zeile 37 - Zeile 45 --- -/--	1-6, 9-20, 25

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie<sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Juni 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/07/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fritz, S

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	BOHNERT K: "Fibre optic sensors. III. Fibre optic voltage measurements" BULLETIN DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS & DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITAETSWERKE, 6 MARCH 1991, SWITZERLAND, Bd. 82, Nr. 5, ISSN 0036-1321, Seiten 27-32, XP002068917 ✓ siehe Seite 28, letzter Absatz - Seite 29, Absatz 1	1
A	--- MASAO OHTSUKA ET AL: "INFLUENCE OF OPTICAL ROTARY POWER ON OPTICAL VOLTAGE SENSOR USING BGO CRYSTAL" ELECTRONICS & COMMUNICATIONS IN JAPAN, PART II - ELECTRONICS, Bd. 77, Nr. 5, 1.Mai 1994, Seiten 21-31, XP000485741 ✓ siehe Zusammenfassung; Abbildungen 2-4 siehe Seite 22, linke Spalte, Absatz 3 siehe Seite 23, linke Spalte, letzter Absatz siehe Seite 25, linke Spalte, Absatz 1 - rechte Spalte, Absatz 1 siehe Seite 27, linke Spalte, Absatz 2 - Seite 28, linke Spalte, letzte Zeile	1
X	---	9-20, 25
A	WO 95 10046 A (SIEMENS AG ; BOSSELMANN ✓ THOMAS (DE); MENKE PETER (DE); NIEWISCH JOA) 13.April 1995 siehe Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen	1-25
X	--- DE 15 91 976 A (MERLIN & GERIN) 14.Januar ✓ 1971 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 4, Absatz 3 - Absatz 4; Abbildungen	9
X	--- US 4 253 061 A (ONO TOSHIHARU ET AL) ✓ 24.Februar 1981 siehe Abbildungen 4,5,9,12 -----	9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/00683

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1484684	A	20-09-1967	NONE	
GB 1570802	A	09-07-1980	NONE	
WO 9510046	A	13-04-1995	AT 154138 T CA 2173142 A DE 59403050 D EP 0721589 A JP 8510056 T NO 961308 A	15-06-1997 13-04-1995 10-07-1997 17-07-1996 22-10-1996 03-06-1996
DE 1591976	A	14-01-1971	BE 694197 A CH 474063 A ES 337136 A NL 6702665 A SE 326493 B US 3466541 A	31-07-1967 15-06-1969 16-01-1968 18-09-1967 27-07-1970 09-09-1969
US 4253061	A	24-02-1981	JP 51055273 A	14-05-1976

## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Translation

5000

09/380410

4

Applicant's or agent's file reference 0458RO	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE98/00683	International filing date (day/month/year) 05 March 1998 (05.03.1998)	Priority date (day/month/year) 05 March 1997 (05.03.1997)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G01R 15/24		
Applicant KOMMANDITGESELLSCHAFT RITZ MESSWANDLER GMBH & CO.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>10</u> sheets, including this cover sheet.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).  These annexes consist of a total of <u>17</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:  I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 19 September 1998 (19.09.1998)	Date of completion of this report 01 June 1999 (01.06.1999)
Name and mailing address of the IPEA/EP European Patent Office D-80298 Munich, Germany Facsimile No. 49-89-2399-4465	Authorized officer  Telephone No. 49-89-2399-0

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE98/00683

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 10-21, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 1-10, filed with the letter of 12 April 1999 (12.04.1999),  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-25, filed with the letter of 12 April 1999 (12.04.1999),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/4-4/4, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

## 2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☒ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

## 4. Additional observations, if necessary:

See Separate Box

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

3. The original documents (and, regarding the feature a)iii. indicated below in this paragraph, in particular the passages especially indicated therefor, namely the original page 11, paragraph 2 to page 13, paragraph 2 and page 14, paragraph 1) do **not** disclose the following features specified in the new claims:

a) Claim 1:

i. "... that the measuring distance comprises a considerable part of a distance over which the ... voltage ... decreases";

ii. "... by sensor crystals ... whose ... arrangement permits the essential detection of a ... field distribution" and

iii. "... in order ... to establish a highly accurate measurement U' proportional to the total voltage U to be determined";

b) Claims 7 and 8:

In the new wording of each of the claims, the formulation "... a ... factor K used" is used in the third-last and penultimate lines. Since the sixth-last line of each of Claims 7 and 8 already mentions "a factor K", the "factor K" provided with the indefinite article in the third-last and penultimate lines is to be interpreted as an

**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

**additional** factor K. However, such an additional factor has not been referred to in the original documents.

4. Owing to the selected numbering of the newly-filed pages 1 to 10, the original page 10 should also be taken into consideration in addition to these pages 1 to 10 and the aforementioned original pages 11 to 21 (this also applies to the last nine lines of the original page 9, which have clearly not been replaced by the new page 10).

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	2, 7, 8, 11-16, 21-24	YES
	Claims	1, 3-6, 9, 10, 17-20, 25	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1-25	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-25	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

a) In general terms it should be noted that:

Since according to the letter of April 12, 1999, page 3, paragraph 2, the "essence of the invention" has been expressed using the above-indicated features which were not originally disclosed in this manner, it is not possible on the basis of the new Claim 1 to establish a reasoned statement according to PCT Article 35(2). Therefore, such a statement is expressed for the originally-filed Claims 1 to 25.

b) Novelty:

i. Reference document

(A) FR-A-1 484 684,

in particular page 1, paragraph 1, left-hand column, last paragraph to column 2, paragraph 1; page 1, last paragraph to page 3, paragraph 1; Claims 1, 2 and 5; Figures 1 to 5, discloses all the technical features of the original Claims 1, 3 to 6, 9, 10, 17 to 20 and 25, insofar as these claims can be

assessed.

ii. Therefore, the subjects of these Claims 1, 3 to 6, 9, 10, 17 to 20 and 25 are not novel.

- c) Insofar as the subjects of the remaining claims can be assessed, they do not go beyond routine procedure.

In detail:

i. Page 2, right-hand column, third-last paragraph of document (A) also discloses the principle on which the compensation represented in Claim 2 is based, even though (A) does not refer to a "temperature compensation" as such, but rather to a "compensation" in general. However, it is common specialist knowledge that a temperature compensation, as defined in Claim 2, is a routine procedure in the present field of optical measurements of voltages - see only, for example, reference document

(B) GB-A-1 570 802,

in particular figure; page 1, lines 6 to 30; page 2, lines 6 to 28; page 3, lines 7 to 61 which, besides a direct reference to the (obviously known) field of "alternating voltage", also discloses all the technical features of Claims 1 to 6, 9, 10, 17 to 20 and 25 (using a sensor element wherein the sensor crystals do not have series-connected impedances).

ii. Even the scaling claimed in Claims 7 and 21 which, as defined in Claim 7, occurs when using the

direct and alternating components of the detected sensor output signal, represents a general routine procedure for specialists in this field. See in particular reference document

(C) WO 95/10046,

in particular abstract; page 1, lines 12 to 32; page 5, lines 9 to 27; Claim 1; Figures 7 and 8 with pertinent text. The use of a closed loop, which is additionally mentioned in the cited Claims 7 and 21, represents a process step routinely undertaken in the field of compensation measures.

iii. Inventive input is also not required to alternatively use the alternating component and the peak value of the signal for the aforementioned scaling as claimed in Claim 8.

iv. The materials indicated in Claims 11 to 16 for the corresponding optical elements are common knowledge in the relevant specialist field - see only, for example, reference document

(D) DE-A-3 404 608,

in particular page 6, paragraph 2.

v. The use of an integrator, low pass or a peak detector in a closed loop for generating the controlled signal, as defined in Claims 22 to 24, belongs to the general specialist knowledge of a person skilled in this particular art.

**VII. Certain defects in the international application**

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

- a) Since according to the letter of April 12, 1999, the original page 9 should be replaced by the new page 10, the resulting description has a gap in the text due to the omission of the last nine lines of the original page 9.
- b)
  - i. The present application does not use uniform spelling with regard to "Pockels-Effekts" - see, for example, line 13 of the new Claim 1 together with page 14, line 5 from the bottom of the description.
  - ii. Moreover, in the present claims the symbols allocated to the partial voltages are not presented uniformly - see, for example, Claims 4 and 5, where these symbols are placed between parentheses and Claim 20, where they are used without parentheses.
- c) There are misprints in the following passages: page 4, line 15; page 9, line 7.
- d) The following passages in the description do not contain a correct structure of sentence: page 6, line 9; original page 10, line 5 from the bottom; page 12, lines 3 and 2 from the bottom; page 14, paragraph 2, lines 2 and 3; page 19, lines 11 and 10 from the bottom.
- e) Moreover, the present description contains the following unclear passages: new page 9, paragraph 2 (no clear separation between one and several sensor

## VII. Certain defects in the international application

active parts - see " ... that the voltage on the sensor element decreases on **the** sensor active part decreases **to form partial voltages...**"; original page 10, lines 2 and 3 ("... for adapting the voltage level"); page 13, paragraph 4, lines 1 and 2 (contrary to this text, Figure 5 does not show light sources); page 14, lines 6 to 4 from the bottom with respect to page 16, penultimate paragraph, line 1 (obviously different meanings for the same symbol "["); page 16, lines 1 and 2 (the style used could be incorrectly interpreted, thus resulting in different meanings for the symbol "0"); page 17 (equation 15 contradicts the statement in the preceding paragraph as regards the use of the "are sine").

- f)
  - i. The first paragraph on page 1 as well as the third paragraph on page 6 do not refer to independent Claim 9, which pertains to the device.
  - ii. The wording contained on page 6, paragraph 3 and page 8, paragraph 2 has not been brought into conformity with the corresponding wording of the current independent claim.
- g) The introductory part of the description contains no acknowledgement of the prior art known from documents (A) to (C) - see PCT Rule 5.1(a)(ii).

## VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The present claims contain the following discrepancies and lack of clarity (see PCT Article 6):

a) Independent Claims 1 and 9:

i. Although the statement of the problem on the new page 6 does not include the passage contained in the original that "measures (should be) contained which reduce the effects of changes in temperature on the optical and electrical parameters of the device", the remaining parts of the application have nevertheless taken into account the fact that the problem of reducing these effects **still remains** - see **only for example**, page 4, paragraphs 1 and 2 of the description - where the discussion of the relevant prior art refers to the disadvantage which is established by the lack of compensation of the temperature characteristics. Since the prior art is discussed in respect of the invention, these two contributions to the discussion suggest that these disadvantages are eliminated with the present application.

ii. However, the present independent Claims 1 and 9 do not contain such measures for compensating the temperature characteristics (they are specified for the first time in Claims 2 and 10), and consequently these Claims 1 and 9 do not have all the features essential for solving the stated problem.

## VIII. Certain observations on the international application

## b) Claim 1:

i. The wording already objected to above in point ii. of Box I.3. with respect to PCT Article 34(2)(b), namely "... the essential detection of a ... field distribution", also fails to offer a clear teaching for technical practice owing to its vagueness.

ii. Moreover, uniform terminology is not used in the wording of the claims for the voltage provided with the symbol "U" (see line 21: "voltage U to be measured" together with lines 27 and 28: "total voltage U to be determined").

## c) Claims 3 and 4:

Whilst the present Claim 3 uses the wording "... are related", the present Claim 4 uses the wording "... are used" for a comparable case.

## d) Claims 7 and 8:

i. Line 19 of Claim 7 as well as page 4, line 7 of Claim 8 are unclear owing to the word "whose".

ii. The current wording of the claims with "... waves (are) ... converted via a ... group ... into a ... signal" is unclear.

## e) In Claim 7, the verb form "are" is lacking in relation to "detected" in line 13.

## VIII. Certain observations on the international application

- f) The statement in Claim 9 "... evaluating means (30) using the Pockels effect" is unclear per se.
- g) In Claim 19, the statement "... the support (is) designed to support on the outside ..." is not clear.

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



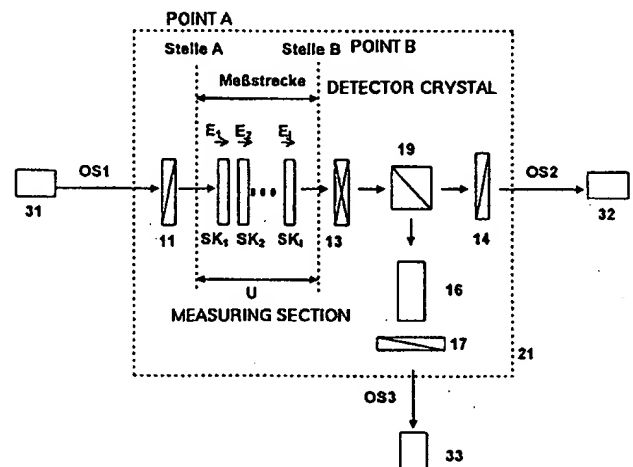
<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>G01R 15/24</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 98/39662</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 11. September 1998 (11.09.98)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE98/00683 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 5. März 1998 (05.03.98)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 197 16 477.3      5. März 1997 (05.03.97)      DE  <b>(71)(72) Anmelder und Erfinder:</b> JENAU, Frank [DE/DE]; Berliner Strasse 158, D-03046 Cottbus (DE). SCHWARZ, Harald [DE/DE]; Am Feldrain 29, D-03054 Cottbus (DE).  <b>(74) Anwalt:</b> SELTMANN, Reinhard; Pätzelt & Seltmann, Burgstrasse 9, D-03046 Cottbus (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CA, JP, ÜS, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

**(54) Title:** METHOD AND DEVICE FOR MEASURING AN ELECTRICAL VOLTAGE

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR MESSUNG EINER ELEKTRISCHEN SPANNUNG

**(57) Abstract**

The invention relates to a method and device for measuring an electrical voltage which allows measurement in outdoor conditions, even at high and extra-high voltage levels. Said method and device make use of optical activity using light sources, at least one optical transmission path, at least one sensor element with at least one active sensor part (21) and a number of detector crystals (SKi), and evaluating elements using the Pockel's effect as a measure of the temperature with the result that influences on optical and electrical parameters of said device caused by temperature changes are reduced. Measuring light produced by a light source penetrates an active sensor part consisting of at least two sensor crystals. Said active detector part is present at least once in said sensor element, where an electrical voltage is applied. The basis for measurement is the state of polarisation of the measuring light. Said sensor element can comprise a number of active sensor parts, the summation of the component voltages correlating with the total voltage. Several sensor elements can be combined. Transmitted optic waves are detected and converted into signals. The device comprises light sources, optical transmission paths, sensor elements, active sensor parts and evaluation elements (32, 33).



The device comprises light sources, optical transmission paths, sensor elements, active sensor parts and evaluation elements (32, 33).

# (57) Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zur Messung einer elektrischen Spannung gestatten eine Messung unter Freiluftbedingungen auch in der Hoch- und Höchstspannungsebene. Einflüsse unter Temperaturänderungen auf optische und elektrische Parameter der Einrichtung werden reduziert, indem Verfahren und Einrichtung unter Verwendung von Lichtquellen, mindestens einer optischen Übertragungsstrecke, wenigstens einem Sensorelement mit mindestens einem Sensoraktivteil (21) und einer Vielzahl von Sensorkristallen (SK<sub>i</sub>) und Auswertemittel unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts als Maß für die Temperatur die optische Aktivität heranziehen. Von einer Lichtquelle erzeugtes Meßlicht durchdringt ein aus mindestens 2 Sensorkristallen bestehendes Sensoraktivteil, das mindestens einmal im Sensorelement vorhanden ist, an dem eine elektrische Spannung abfällt. Basis der Messung ist der Polarisationszustand des Meßlichts. Das Sensorelement kann aus einer Vielzahl von Sensoraktivteilen bestehen, wobei die Summenbildung aus den Teilspannungen zur Gesamtspannung korreliert. Mehrere Sensorelemente können kombiniert werden. Übermittelte optische Wellen werden detektiert und in Signale umgewandelt. Die Einrichtung besteht aus Lichtquellen, optischen Übertragungsstrecken, Sensorelementen, Sensoraktivteilen und Auswertemitteln (32, 33).

## LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR MESSUNG EINER ELEKTRISCHEN SPANNUNG

Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Einrichtung zur optischen Messung einer elektrischen Spannung, vorzugsweise einer Hochspannung.

Konventionelle Spannungswandler, die zur Messung von Hochspannungen in energietechnischen Anlagen eingesetzt werden, basieren auf einem induktiven Meßprinzip, gegebenenfalls werden zusätzlich kapazitive Spannungsteiler verwendet. Bei herkömmlichen Wandlern steigt der Isolationsaufwand überproportional mit der Übertragungsspannung der Energieversorgungsnetze (siehe A. J. Schwab, „Hochspannungsmeßtechnik“). Im Zuge zunehmender Digitalisierung der den Wandlern nachgeordneten Meßtechnik, die im allgemeinen niedrigere Störschwellen aufweist als herkömmliche analoge Meßtechnik, gewinnt die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) an Bedeutung. Aufgrund der induktiv / kapazitiven Kopplung von Primärebene (Netzseite) zu Sekundärebene (Meß- und Steuerungsseite) bei herkömmlichen Spannungswandlern gestaltet sich deren Einsatz in Verbindung mit digitaler Netztechnik unter EMV-Gesichtspunkten problematisch (siehe H. Hirsch, „Polarimetrische faseroptische Stromwandler“). Im Vergleich zu herkömmlichen Wandlern ist der Rohstoffeinsatz aufgrund der kleinen Größe von optischen Baugruppen gering. Optische Wandler benötigen zur Isolierung prinzipiell kein Öl, so daß die Gefahr einer Ölverseuchung angrenzender Erdmassen im Fall einer Wandlerexplosion bei netz- oder geräteseitigen Fehlern nicht existiert.

Allgemein bekannt sind bereits optische Meßverfahren aus verschiedenen Druckschriften, die die Messung von elektrischen Feldern und elektrischen Spannungen über den Pockels-Effekt an elektrooptischen Kristallen durchführen. Dabei ändern sich die physikalischen Eigenschaften eines elektrooptischen Mediums in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke derart, daß der Polarisationszustand der durch das Sensormedium sich

ausbreitenden optischen Welle durch eine vom elektrischen Feld induzierte lineare Doppelbrechung beeinflußt wird. Mit Hilfe einer optischen Anordnung, bestehend aus einem Polarisator, einem Verzögerungselement, einem elektrooptischen Material und einem Analysator ist in Verbindung mit elektronischen Auswertemitteln das Meßsignal zwecks Bestimmung der elektrischen Spannung transversal oder parallel zur Ausbreitungsrichtung der optischen Welle ermittelbar. Um eine Trennung der Nutzgröße elektrische Spannung von den Störgrößen - nicht zeitlich konstante Dämpfung entlang des optischen Signalpfades, Temperaturabhängigkeiten von Parametern der eingesetzten optischen Bauteile - zu ermöglichen, wird der optische Signalweg in mehr als einen Teilstrahl geteilt. Die Teilstrahlen werden über verschiedene optische Elemente separaten Empfängern zugeführt und die detektierten Signale werden nach geeigneter Verarbeitung mit analogen elektronischen Mitteln gegebenenfalls einer digitalen Signalverarbeitung unterzogen.

In DE 4436454 wird polarisiertes Meßlicht durch eine Pockel's-Sensoreinrichtung, die unter dem Einfluß des Wechselfeldes oder der Wechselspannung steht, auf einen Strahlteiler geleitet, der die optische Welle in zwei unterschiedliche Polarisationssebenen aufteilt. Das in der Ausführungsform angegebene Verfahren nutzt zur Messung des elektrischen Feldes den transversalen elektrooptischen Effekt (Fig. 1) aus. Das Verfahren eignet sich zur Messung von Spannungen, die transversal über dem Sensorkristall abfallen. Eine Meßbereichsanpassung ist über eine Änderung der Kristalllänge möglich, jedoch ist die maximal zu messende Spannung durch die elektrische Festigkeit des Sensorkristalls beschränkt. Wegen der in der Praxis begrenzten Kristallabmessungen ist die Messung von Hochspannungen über den transversalen elektrooptischen Effekt technologisch sehr aufwendig, die Messung von „kleinen“ Spannungen unterhalb der elektrischen Festigkeit des Kristallmaterials jedoch durch die Sensitivitätserhöhung durch Verlängerung des Kristalls sinnvoll.

Nach der DE-OS 4416298 wird eine Ausführungsformen des Meßverfahrens und der durchführenden Vorrichtung beschrieben, die den longitudinalen elektrooptischen Effekt ausnutzt. Eine zu messende elektrische Spannung ruft ein elektrisches Feld im Kristall hervor, dessen Feldlinien parallel zur Ausbreitungsrichtung des Meßlichtes verlaufen. Aufgrund der maximal technologisch möglichen Kristallabmessungen und der damit verbundenen begrenzten elektrischen Festigkeit steigt der Isolationsaufwand bei Messungen von elektrischen Spannungen im Bereich der maximalen elektrischen Festigkeit der Anordnungen beträchtlich.

In DE-Patentschrift 4100054 wird ein optischer Meßwandler vorgestellt, der über eine Magnetfeldbestimmung ein Maß für den elektrischen Strom liefert und mittels eines eingebauten kapazitiven Teilers den Spannungsabfall an einer Teilkapazität als Maß für die elektrische Spannung heranzieht. Die Bestimmung der elektrischen Spannung erfolgt nur dann exakt, solange das angegebene Teilungsverhältnis, bestimmt durch Ober- und Unterspannungskapazität, konstant bleibt. Da eine räumlich ausgedehnte Unterspannungskapazität eingesetzt wird, kann die Kapazität durch eine Feldverzerrung beeinflusst werden, so daß das Teilungsverhältnis des Meßwandlers verändert wird. In der Praxis kann im allgemeinen nicht von konstanten Feldverteilungen ausgegangen werden.

In DE-EB 3404608 wird eine Vorrichtung zur optischen Messung der elektrischen Feldstärke beschrieben, die über ein Übertragungselement eine optische Welle einer Sensoreinrichtung für ein elektrisches Feld zuführt, die den Modulationsgrad der optischen Welle in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke ändert. Es wird darauf verwiesen, daß die verwendeten Sensorkristalle der Gruppe 23 und  $\bar{4}3m$  eine geringe Abhängigkeit des optischen Effekts von der Temperatur aufweisen, jedoch findet keine vollständige Kompensation des Temperatureinflusses statt.

In der DE-Patentschrift 3039136 wird eine Einrichtung zum Messen einer Spannung und eines elektrischen Feldes unter Verwendung von Licht angegeben. Die Patentschrift erläutert die Verwendung eines beispielsweise Wismuthgermaniumoxid-Kristalls zur Spannungs- und Feldmessung. Es wird angegeben, daß die Temperaturabhängigkeiten der materialspezifischen Konstante  $V_x$  mit ca. 0.01% / K angenommen werden kann. Bei einem Temperaturbereich von  $\Delta T = 100\text{K}$  kann demzufolge der Fehler 1% betragen. Für Anwendungen mit höheren Genauigkeiten ist nicht nur eine Kompensation der Temperaturcharakteristik des Sensorkristalls, sondern auch der der Verzögerungsplatte notwendig.

In der DE-EB 2845625 wird eine Anordnung zur elektrooptischen Spannungsmessung beschrieben, bei der der longitudinale lineare elektrooptische Effekt an einer piezoelektrischen Faser ausgenutzt wird und durch die räumliche Ausdehnung der Kristallfaser die optischen Auswirkungen der Feldstärkeverteilung entlang der Faser integriert werden. Nach dem heutigen Stand der Technik ist eine derartige Kristallfaser zur Zeit kommerziell nicht erhältlich, so daß dieses Verfahren zur Spannungsmessung in der Praxis großserientechnisch sich bisher nicht durchgesetzt hat.

Nach der DE-EB 2131224 ist eine Einrichtung zur Messung von Spannungen an Hochspannungsleitern bekannt, zu der angegeben wird, daß das zur zu messenden Spannung proportionale elektrische Feld die Polarisationssebene von polarisiertem Licht verändert, das in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt ist. Es wird eine Anordnung vorgeschlagen, bei der zur Vergrößerung des Effekts der Lichtwellenleiter mäanderförmig geführt ist. Bei dieser Realisierung ist eine große Temperaturabhängigkeit des Meßsignals zu erwarten, die durch die durch Biegung induzierte lineare Doppelbrechung des Lichtwellenleiters verursacht wird.

Die DE-EB 1591976 beschreibt eine elektrisch-optische Spannungs-Reduziervorrichtung und ihre Anwendung zum Messen von Spannungen.

Dabei wird die Polarisierung eines Lichtbündels, das eine Anzahl elektrooptischer Zellen durchquert, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, geändert und mittels einer Pockel's Zelle über eine Kompensationsschaltung ausgelesen. Die beschriebene Anordnung stellt im Prinzip einen ohmsch/kapazitiven Teiler dar, dessen Spannungsabfälle über Teilkapazitäten optisch ausgelesen werden. Das Verfahren birgt den Nachteil, daß Temperaturabhängigkeiten der optischen Elemente nicht kompensiert werden und daß die vorgeschlagene Vorrichtung technologisch aufwendig und damit kostenaufwendig hergestellt werden muß, da neben den Kosten für den optischen Aufbau die Kosten für den Spannungsteiler anfallen. Ferner macht die Kompensationsschaltung eine Zuführung einer sekundären elektrischen Spannung notwendig.

In DE 4436181 A1 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen einer elektrischen Wechselgröße mit Temperaturkompensation durch Fitting angegeben. Es wird eine Normierungsschaltung vorgeschlagen, die den Quotienten aus Wechsel- zu Gleichsignalanteil des Intensitätssignals der vom Empfänger detektierten optischen Welle bilden. Zur Durchführung dieser Funktion wird ein Dividierer verwendet. Es werden keine Maßnahmen zur Unterdrückung der Auswirkungen von Toleranzen der Bauteile in der Normierungsstufe angegeben.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen einer elektrischen Wechselspannung mit Hilfe des elektrooptischen Effekts zu schaffen, bei der die Messung unter Freiluftbedingungen auch in der Hoch- und Höchstspannungsebene auf technologisch einfache Art durchgeführt werden kann. Das Verfahren und die Einrichtung sollen Maßnahmen enthalten, die die Auswirkungen von Temperaturänderungen auf optische und elektrische Parameter der Einrichtung reduzieren. Zwecks Kostensenkung und Erhöhung der Produktionsstückzahlen wird ein modular-skalierbarer Aufbau angestrebt.

Diese Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung einer elektrischen Wechselspannung vorgeschlagen wird, das unter Verwendung mindestens einer Lichtquelle und mindestens einer optischen Übertragungsstrecke wenigstens ein Sensorelement und Auswertemittel unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts benutzt. Das Sensorelement beinhaltet mindestens ein Sensoraktivteil. Die an dem Sensorelement anliegende Spannung fällt an der Anzahl  $N_{SA}$  ( $N_{SA}$  größer oder gleich 1) von Sensoraktivteilen ab, so daß die an dem (den) Sensoraktivteil(en) abfallende(n) Teilspannung(en)  $U_{SA,1}..U_{SA,NSA}$  gemessen werden und zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen. Es wird eine Anzahl  $N_{SE}$  ( $N_{SE}$  größer oder gleich 1) von Sensorelementen eingesetzt, so daß die Summe der an ihnen abfallenden Teilspannungen  $U_{SE,1}..U_{SE,NSE}$  zur Verfügung steht und zur Ermittlung der zu messenden Gesamtspannung verwendet wird. Die Teilspannungen  $U_{SE,1}..U_{SE,NSE}$  setzen jeweils sich wiederum aus einer Summe von Teilspannungen  $U_{SA,1}..U_{SA,NSA}$  zusammen.

Von einer Lichtquelle erzeugtes Meßlicht durchdringt ein aus mindestens zwei Sensorkristallen bestehendes Sensoraktivteil, an dem eine elektrische Spannung abfällt. Der Polarisationszustand des Meßlichts wird nach Durchlaufen der Sensorkristalle einer weiteren Verwendung zugeführt zur Verarbeitung von Informationen, die nach geeigneter Auswertung ein Maß für die elektrische Spannung, die über die Sensorkristalle abfällt, darstellen, wobei die Anzahl  $N_{SK}$  der Sensorkristalle auf der Meßstrecke, bezogen auf die Inhomogenität der elektrischen Feldverteilung, hinreichend groß gewählt wird und die Länge der Meßstrecke in derselben Größenordnung liegt wie die Länge der Strecke, über die die zu messende Spannung abfällt. Das Sensoraktivteil beinhaltet mindestens ein temperaturabhängiges optisches Element, das eine optische Aktivität aufweist. Die Temperaturabhängigkeit der optischen Aktivität wird als Maß für die am temperaturabhängigen optischen Element herrschende Temperatur für die Bewertung der Meßwerte zur Verfügung gestellt wird. Das Sensoraktivteil ist so ausgebildet, daß die darin enthaltenen Sensorkristalle hintereinander in derselben kristallographischen

Orientierung befindlich von einem einzigen Lichtstrahl durchstrahlt werden und die Auswirkungen der elektrooptischen Effekte in den Einzelkristallen addiert werden, sowie die Summenwerte als Basis für die Ermittlung der am Sensoraktivteil anliegenden Spannung bereitstehen und verwandt werden. Das Sensoraktivteil weist einen Träger auf, der zur Halterung und Justierung der eingesetzten Kristalle dient.

Die von den Sensoraktivteilen übermittelten optischen Wellen werden detektiert und jeweils als Signal  $I$  über eine in zweckentsprechenden Auswertemitteln enthaltene Baugruppe in ein Signal  $I_N$  umgewandelt, indem das Signal  $I$  aus einem Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe besteht, die sich mit der Frequenz der zu messenden Spannung zeitlich ändert, deren Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird und die Änderung des Gleichanteiles  $I_{DC}$  als weitere kennzeichnende Größe des Signals  $I$  mit der Zeitkonstante  $T_{DC}$  beschrieben wird, wobei die Zeitkonstante  $T_{DC}$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$  und die Normierung über eine Multiplikation vom Signal  $I$  mit einem Faktor  $K$  in der Art und Weise geschieht, daß der Gleichanteil von  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und der zur Aufbereitung verwendete Faktor  $K$  in einer geschlossenen Regelschleife ermittelt wird.

Es ist ebenso möglich, anstatt des Gleichanteils den Spitzenwert zu erfassen und weiter zu verwenden.

Eine zweckentsprechende Einrichtung zur Messung der elektrischen Spannung, bei dem die elektrische Spannung eine Wechselgröße ist, verfügt mindestens über eine Lichtquelle, mindestens eine optische Übertragungsstrecke, mindestens ein Sensoraktivteil und über Auswertemittel unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts. Das Sensoraktivteil verfügt über mindestens zwei elektrooptische von einem polarisierten Meßlicht durchdrungene Sensorkristalle, denen ein temperaturabhängiges optisches Element nachgeordnet sein kann. Die von einem polarisierten Meßlicht durchdrungenen Kristalle sowie das temperaturabhängige optische Element bestehen vorzugsweise aus den Materialien  $Bi_4Ge_3O_{12}$ ,  $Bi_4Si_3O_{12}$  oder

$\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  beziehungsweise aus Verbindungen der Kristallgruppe  $\bar{4}3m$  oder 23.

Das Sensoraktivteil besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden gerichteten mittels eines einzigen Lichtstrahles durchstrahlbaren in derselben kristallographischen Orientierung befindlichen Sensorkristallen, die zur gegenseitigen Orientierung justierbar in Durchstrahlungsrichtung in oder an einem zweckentprechenden Träger angeordnet sind. Vorzugsweise fluchten diese axial.

Das Sensorelement enthält eine Vorrichtung, die es gestattet, ein Sensoraktivteil oder mehrere so anzuordnen, daß die am Sensorelement anliegende Spannung an dem (den) Sensoraktivteil(en) in Teilspannungen abfällt und die Summe der Teilspannungen gleich der anliegenden Spannung ist. Über Halte- und Feldsteuerelement können Sensorelemente derart kombiniert werden, daß die an ihnen anliegende Spannung in Teilspannungen an den einzelnen Sensorelementen abfällt.

Die Einrichtung beinhaltet als Auswertemittel mindestens eine Baugruppe, über die die Normierung über eine Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durchgeführt wird, wobei der Faktor von einer Funktionseinheit generiert wird, dessen Eingangsgröße die Differenz aus einem Referenzsignal und aus dem mit einem Faktor beaufschlagten Eingangssignal darstellt. Als Funktionseinheit kann zweckmäßigerweise ein Integrator, ein Tiefpaß oder ein Spitzenwertgleichrichter benutzt werden.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß die erfindungsgemäße Einrichtung einen modularen Aufbau aufweist, so daß die Einrichtung zur Spannungsmessung in verschiedenen Spannungsebenen anzupassen ist, ohne daß grundlegende konstruktive Änderungen vorzunehmen sind. Durch diese Maßnahme kann durch Erhöhung der Stückzahl eines Sensoraktivteils ein Spannungswandler kostengünstig realisiert werden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die diskrete Summation der elektrischen Feldstärke zur Näherung der anliegenden elektrischen Spannung durch die Verwendung einer Vielzahl von Sensorkristallen durchgeführt wird. Dadurch kann auf den Einsatz von langen Kristallstäben, an denen die zu messende Spannung angelegt wird, verzichtet werden. Aufgrund der kleineren Kristallvolumina ist dadurch eine Kostensenkung zu erwarten. Durch den Einsatz eines temperaturabhängigen optischen Elements als Temperatursensor ergibt sich die Möglichkeit, temperaturabhängige Effekte kompensieren zu können.

In der Normierungsstufe der Auswerteschaltung wird ein Regelkreis zur Durchführung der Normierung vorgeschlagen, der durch die Verwendung einer Rückkopplung im Gegensatz zu Verfahren ohne Rückkopplung Bauteiletoleranzen ausregelt. Durch diesen Regelkreis können nachfolgende analoge und digitale Schaltungen vorteilhaft angesteuert werden.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß ein diskreter Spannungsteiler zur Steuerung des Spannungsabfalls beim vorgeschlagenen optischen Wandler nicht notwendig ist. Durch die Integration der elektrischen Feldstärkekomponente auf der Meßstrecke wird die Bestimmung der elektrischen Spannung gemäß ihrer Definition durchgeführt.

Die Erfindung soll nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: Prinzip einer Pockelszelle auf Basis des transversalen elektrooptischen Effekts,

Fig. 2: Prinzip einer Pockelszelle auf Basis des longitudinalen elektrooptischen Effekts,

Fig. 3: Prinzip einer erweiterten Pockelszelle zur Spannungsmessung und Temperaturerfassung,

Fig. 4: Verwendung von mehreren Sensorkristallen zur Spannungsmessung,

- Fig. 5: Prinzipieller Aufbau der Einrichtung zur Messung einer Spannung,  
Fig. 6: Prinzipieller modularer Aufbau der Einrichtung zur Anpassung der Spannungsebene,  
Fig. 7: Prinzipieller Aufbau der Auswertemittel,  
Fig. 8: Übliche Normierung eines optischen Signals mittels Dividierers,  
Fig. 9: Normierung des optischen Signals mittels geregelter Multiplizierer.

Die Messung des elektrischen Feldes kann bekannterweise mit einer Pockelszelle durchgeführt werden. In Fig. 1 und 2 ist der prinzipielle Aufbau einer Pockelszelle dargestellt. Von einer Lichtquelle 31 wird eine optische Welle emittiert, die über einen Polarisator 11, ein elektrooptisches Element 12, ein Verzögerungselement 13, einen Analysator 14 auf einen optoelektrischen Wandler 32 geführt wird. Wird als elektrooptisches Element 12 ein Kristall ohne natürliche lineare Doppelbrechung eingesetzt, so sollte der Arbeitspunkt der Anordnung zur Gewährung einer maximalen Sensitivität und Linearität durch den Einsatz einer Verzögerungsplatte 13 mit einer Verzögerung von einer Viertelwellenlänge festgelegt werden. Wird der transversale elektrooptische Effekt ausgenutzt (Fig. 1), so stehen die Lichtausbreitungsrichtung und das modulierende elektrische Feld senkrecht zueinander. Der elektrooptische Kristall 12 wird zur Ausnutzung des longitudinalen elektrooptischen Effekts (Fig. 2, elektrisches Feld und Lichtausbreitungsrichtung verlaufen parallel zueinander) so orientiert, daß sich die eingekoppelte linear polarisierte optische Welle entlang einer Hauptachse im Sensorkristall 12 ausbreitet und die Polarisationssebene der optischen Welle im 45°-Winkel zu den anderen elektrooptisch ausgezeichneten Achsen des Kristalls bei anliegendem Feld  $E$  orientiert ist. Der Analysator 14 wandelt das durch das anliegende elektrische Feld phasenmodulierte optische Signal in ein intensitätsmoduliertes Signal. Über Auswertemittel ist die Bestimmung der Feldstärke  $E$  aus dem intensitätsmodulierten Signal, das vom Empfänger 32 zur Verfügung gestellt wird, möglich.

In Fig. 3 wird das Prinzip der in der Erfindung eingesetzten erweiterten Pockelszelle beschrieben. Im Unterschied zu Fig. 1 und 2 besteht diese aus mehreren Sensorkristallen  $SK_i$  (mit  $i=1,2,\dots,N_{SK}$ ,  $N_{SK}$  größer oder gleich zwei) und zusätzlich aus einem Strahlteiler 19, einem temperaturabhängigen Element 16, einem Analysator 17 und einem Empfänger 33. Die Verbindung von der Lichtquelle 31 zum Sensoraktivteil 21 stellt die optische Übertragungsstrecke OS1 dar, die Verbindungen von 21 zu den elektrooptischen Wandlern 32 und 33 werden durch die optischen Übertragungsstrecken OS2 bzw. OS3 realisiert. Durch das Sensoraktivteil 21 wird die optische Welle an diskreten Stellen der Sensorkristalle  $SK_i$  durch die dort lokal herrschende Feldstärke  $E_i$  moduliert. Nach Durchlaufen des Strahlteilers 19 wird die eine Teilwelle über ein temperaturabhängiges optisches Element 16 einem Analysator 17 und einem Empfänger 33 zugeführt. Die andere Teilwelle trifft nach dem Strahlteiler direkt auf einen Analysator 14 und einen Empfänger 32. Arbeitet die Pockelszelle nach dem longitudinalen elektrooptischen Effekt, addieren sich die Einzelmodulationen an den Sensorkristallen, wenn sich diese in derselben kristallographischen Orientierung befinden. Die Summe der Einzelmodulationen resultiert in einer Gesamtphasenverzögerung  $\Gamma$  zweier orthogonaler Teilwellen.

Die zu bestimmende Spannung fällt auf der Meßstrecke des Sensoraktivteils zwischen den Stellen A und B ab. Der zugehörige angenommene Feldstärkeverlauf (durchgezogene Linie) in Abhängigkeit von der Meßstelle ist in Fig. 4 dargestellt. Gemäß der Definition zur Bestimmung der Spannung zwischen den Stellen A und B wird das Integral der Feldstärke-Wegprodukte herangezogen.

$$U_{A,B} = \int_A^B \vec{E} d\vec{l} \quad (1)$$

Wird der Feldstärkeverlauf durch eine Treppenfunktion mit der Anzahl  $N_{SK}$  Stufen angenähert, so geht  $U_{A,B}$  über in

$$U_{A,B} = \sum_{i=1}^{NSK} E_i \cdot d_i \quad (2),$$

wobei  $E_i$  die konstante Feldstärke am Sensorkristall  $SK_i$  auf der Stufe  $i$  mit der Breite  $d_i$  darstellt. Der Übergang von Gleichung (1) nach (2) ist unter der Bedingung möglich, daß ausschließlich die Feldstärkekomponente  $E$  in Wegerichtung  $dl$  einen Einfluß auf den Wert des Integrals hat. Sind die Breiten der Stufen  $d_i$  identisch einer Konstante  $d$  und die Längen  $l_i$  der Sensorkristalle ebenfalls gleich einer Konstante  $l$ , so erhält man aus (2) durch Erweiterung die Gleichung (3) mit

$$U_{A,B} = \frac{d}{l} \sum_{i=1}^{NSK} E_i \cdot l_i \quad (3).$$

Wird der longitudinale elektrooptische Effekt genutzt, so ist die Phasenverzögerung zweier orthogonaler optischer Teilwellen proportional zu  $E_i$  und  $l_i$  (siehe A. Yariv, P. Yeh, „Optical Waves in Crystals“)

$$\Gamma_i \propto E_i \cdot l_i \quad (4.1),$$

so daß in Verbindung mit Gleichung (3)  $U_{A,B}$  proportional zur Summe der Teilphasenverzögerungen ist

$$U_{A,B} \propto \sum_i \Gamma_i \quad (4.2),$$

Wenn sich die Teilphasenverzögerungen, die durch die einzelnen Sensorkristalle hervorgerufen werden, sich addieren gemäß

$$\Gamma = \sum_i \Gamma_i \quad (5),$$

so ist die Gesamtphasenverzögerung  $\Gamma$  gemäß den Gleichungen (4.2) und (5) proportional der zu messenden Spannung  $U_{A,B}$ .

Bei hinreichend großer Anzahl von Sensorkristallen kann somit die Bestimmung der elektrischen Spannung über die Berechnung des Wegintegrals der elektrischen Feldstärke auf eine Summation von diskreten Feldstärke-Weg-Produkten zurückgeführt werden. Die Summation nähert das Integral um so genauer an, je mehr Sensorkristalle verwendet werden. Allerdings steigen dann auch die Kosten für die Kristalle und die durch Oberflächenreflexionen verursachten Verluste. In der Praxis ist eine Optimierung bzgl. Kosten und Meßgenauigkeit vorzunehmen.

Die zweite durch den Strahlteiler ausgekoppelte optische Welle durchläuft ein temperaturabhängiges optisches Element, das eine optische Aktivität aufweist. Mit dieser Anordnung kann ein Korrekturfaktor gewonnen werden, der die temperaturabhängigen Fehler der linearen Doppelbrechung in den Sensorkristallen und in der Verzögerungsplatte kompensiert.

Fig. 5 zeigt den schematischen Aufbau der Einrichtung zur Messung einer Spannung, bestehend aus Lichtquellen und Auswertemitteln 30 und aus einem Sensorelement 20, das aus einer Anzahl  $N_{SA}$  von Sensoraktivteilen 21-X und Halte- und Feldsteuerungselementen 22 besteht. Die optischen Übertragungsstrecken zwischen dem Sensorelement 20 und Auswerteeinrichtung 30 werden mit OS zusammenfassend bezeichnet. Dem optischen Sensorelement werden optische Wellen über die Übertragungsstrecke OS zugeführt. Mindestens zwei optische Wellen werden vom Sensorelement 20 zu den Auswertemitteln 30 über die Übertragungsstrecke OS zurückgeleitet. Die Auswertemittel generieren ein Maß  $U'$  für die Summe der Spannungen  $U_{SA,1} \dots U_{SA,NSA}$ , die an den Sensoraktivteilen 21-1..21- $N_{SA}$  anliegen. Die Spannung  $U'$  ist proportional der Gesamtspannung  $U$ .

In Fig. 6 ist ein Beispiel für den modularen Aufbau zur Anpassung der Spannungsebene für den Fall dargestellt, daß die Sensorelemente 20-X ( $X=1,2,...N_{SE}$ ) jeweils genau ein Sensoraktivteil 21 beinhalten, so daß in diesem Fall  $N_{SE}$  gleich  $N_{SA}$  ist. Die Sensorelemente 20-X werden so angeordnet, daß die in den Auswertemitteln 30-X ermittelten Teilspannungen  $U_1', U_2', ..., U_{N_{SE}}'$  der Sensorelemente durch Summenbildung in der Einheit 35 ein zur Gesamtsystemspannung  $U$  proportionales Maß  $U'$  ergeben. Die Einheit 35 kann ein Teil der Auswertemittel 30 sein oder eine aus 30 ausgegliederte Einheit.

Als Sensorkristall soll in diesem Ausführungsbeispiel  $Bi_4Ge_3O_{12}$  betrachtet werden, das zur Klasse  $\bar{4}3m$  des kubischen Kristallsystems gehört. Das Kristall weist keine natürliche lineare Doppelbrechung auf und besitzt keine optische Aktivität. Durch die fehlende optische Aktivität kann eine Vielzahl von Sensorkristallen derselben Art auf konstruktiv einfache Art und Weise hintereinander angeordnet werden, so daß die Auswirkungen des longitudinalen Pockelseffekts in Form von induzierter linearer Doppelbrechung bei den Einzelkristallen  $\Gamma_i$  sich zu einer Gesamtphasenverzögerung  $\Gamma$  der sich ausbreitenden orthogonalen Teilwellen summieren. Wird in Fig. 3 der Polarisator 11 im Winkel von  $45^\circ$  zu den elektrooptisch ausgezeichneten Achsen der Sensorkristalle, die alle dieselbe Orientierung aufweisen, orientiert und der Analysator 14 zum Eingangspolarisator gekreuzt angeordnet, so läßt sich am Empfänger 32 die Intensität  $I_1$  detektieren gemäß

$$I_1 = I_{1,DC} (1 + \sin(\Gamma)), \quad (6)$$

wobei  $\Gamma$  die Phasenverzögerung aufgrund des Pockelseffekts zwischen den optischen Teilwellen darstellt, die entlang der 1. bzw. 2. elektrooptisch ausgezeichneten Achsen polarisiert sind und die Lichtausbreitung in Richtung der 3. elektrooptisch ausgezeichneten Achse stattfindet.  $I_{1,DC}$  ist der Gleichanteil der am Empfänger detektierten Intensität  $I_1$ .  $\Gamma$  läßt sich aus der

Summe der Teilphasenverzögerungen  $\Gamma_i$  an den einzelnen Sensorkristallen berechnen, wobei  $N_{SK}$  die Anzahl der verwendeten Sensorkristalle darstellt.

$$\Gamma = \sum_{i=1}^{NSK} \Gamma_i \quad (7)$$

Die Teilphasenverzögerungen  $\Gamma_i$  der einzelnen Sensorkristalle ergeben sich gemäß des longitudinalen elektrooptischen Effekts zu

$$\Gamma_i = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot n_0^3 \cdot r_{41} \cdot E_{z,i} \cdot l_i, \quad (8)$$

mit  $n_0$ : Brechungsindex,  
 $\lambda_0$ : Wellenlänge der optischen Welle,  
 $r_{41}$ : elektrooptische Konstante,  
 $E_{z,i}$ : elektrische Feldkomponente in Ausbreitungsrichtung der optischen Welle im Kristall  $i$ ,  
 $l_i$ : Länge des Lichtweges im elektrooptischen Kristall.

Der 2. Teilstrahl in Fig. 3 wird über ein temperaturabhängiges optisches Element 16 und über einen Analysator 17 auf einen Empfänger 33 geführt. Wird beispielsweise  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  als temperaturabhängiges optisches Element 16 eingesetzt, so läßt sich ein Maß für die Temperatur ermitteln, indem die Temperaturabhängigkeit der natürlichen optischen Aktivität ausgenutzt wird. Dabei wird die Polarisationssebene einer durchlaufenden optischen Welle bei einer Temperaturänderung um  $\Delta T$  um  $\Delta \theta$  gedreht. Am Empfänger 33 kann die normierte optische Intensität  $I_2$  detektiert werden mit dem Gleichanteil  $I_{2,DC}$  gemäß

$$I_2 = I_{2,DC} (1 + \sin(\Gamma) \cdot \sin(2 \cdot \theta)), \quad (9)$$

wobei der Winkel  $\theta$  sich zusammensetzt aus Drehung der Polarisationssebene durch die optische Aktivität bei Bezugstemperatur  $\theta_0$  und dem Anteil  $\Delta\theta$ , der durch Temperaturänderungen verursacht wird.

$$\theta = \theta_0 + \Delta\theta, \quad (10)$$

Der Analysator ist um einen Winkel von  $45^\circ + \Delta\theta_{\max}$  zum Winkel  $\theta_0$  orientiert. Durch die zusätzliche Drehung um  $\Delta\theta_{\max}$  führt die Änderung um  $\Delta\theta$  innerhalb des Intervalls  $[-\Delta\theta_{\max}, +\Delta\theta_{\max}]$  stets zu einer Modulation des Ausgangssignals  $I_2$  ohne Vorzeichenänderung.

Zwecks Kompensation von Dämpfungseinflüssen auf der optischen Übertragungsstrecke zwischen Lichtquelle und Empfänger ist es vorteilhaft, wenn die Signale  $I_1$  und  $I_2$  in den Gleich- und Wechselanteil zerlegt werden und eine Normierung gemäß der folgenden Vorschrift durchgeführt wird:

$$I_{1N} = \frac{I_{1,AC}}{I_{1,DC}} = \sin(\Gamma) \quad (11)$$

$$I_{2N} = \frac{I_{2,AC}}{I_{2,DC}} = \sin(\Gamma) \cdot \sin(2 \cdot (\Delta\theta + \Delta\theta_{\max})) \quad (12)$$

In den oben angeführten Beziehungen ist  $\Gamma$  ein Wechselsignal im Frequenzbereich 20Hz bis 20kHz, hingegen ändert sich  $\Delta\theta$  nur „langsam“ im Bereich der thermischen Zeitkonstante der Meßvorrichtung im Frequenzbereich kleiner 20Hz.

Werden die Signale  $I_{1N}$  und  $I_{2N}$  über eine Zeitspanne  $\tau$  betragsmäßig integriert ( $\tau$  sollte deutlich kleiner sein als die thermische Zeitkonstante und deutlich größer sich als die Periodendauer der unteren Grenzfrequenz des Wechselsignals  $\Gamma$ ) und miteinander dividiert, so erhält man die Größe T21 zu

$$T21 = \frac{\int_{t=t_0}^{t_0+\tau} |I_{2N}| dt}{\int_{t=t_0}^{t_0+\tau} |I_{1N}| dt} = \sin(\Delta\theta + \Delta\theta_{\max}), \quad (13)$$

Für Änderungen von  $\Delta\theta + \Delta\theta_{\max} \ll 1$  kann die Sinusfunktion durch ihr Argument linear genähert werden. Aus (13) erhält man dann

$$\Delta\theta = T21 - \Delta\theta_{\max} \quad (14)$$

Eine Bestimmung der Temperatur ist über  $\Delta\theta$  möglich, da  $\Delta\theta$  in Abhängigkeit von der Temperatur sich näherungsweise linear ändert und eine Umkehrfunktion mathematisch eindeutig in dem betrachteten Intervall bestimmt werden kann. Mit diesem ermittelten Maß für die Temperaturänderung bzgl. der Bezugstemperatur ist eine Korrektur der Temperaturcharakteristik des Signals möglich. Wird der Arcussinus von  $I_{1N}$  gebildet, so erhält man ein Ausgangssignal A, das mit dem Faktor  $K_T$  zur Temperaturkompensation korrigiert werden kann. Der Faktor  $K_T$  muß durch eine Kalibrierung bekannt sein.

$$A = K_T \cdot a \sin(I_{1N}) \quad (15)$$

Das Signal A ist somit proportional zur Gesamtphasenverzögerung  $\Gamma$  des Sensorelements und zur Summe der an den Meßstellen herrschenden elektrischen Feldstärken.

Eine Voraussetzung für das angegebene Verfahren ist, daß beim Übergang von der Definitionsgleichung der elektrischen Spannung (1) zur Gleichung (2) ausschließlich die elektrische Feldstärkekomponente in Wegrichtung einen Einfluß auf den Wert des Integrals aus (1) hat. Wird die Richtung der Lichtausbreitung im Sensorkristall parallel zur Richtung des Integrationsweges gewählt und breitet sich das Meßlicht entlang einer optischen Hauptachse im

Sensorkristall aus, so hat bei Verwendung eines kubischen Kristalls nur die elektrische Feldkomponente einen Einfluß auf die Summe in Gleichung (2), die parallel zur Ausbreitungsrichtung des Meßlichtes gerichtet ist. Um dies zu zeigen, wird die Indikatrix als beschreibendes Modell der Brechungsindizes in Abhängigkeit von der Lichtausbreitungsrichtung herangezogen. Es ergibt sich die mathematische Formulierung der Indikatrix (siehe A. Yariv, P. Yeh, „Optical Waves in Crystals“) zu

$$\frac{1}{n_0^2}(x^2 + y^2 + z^2) + 2r_{41} \cdot (E_x \cdot y \cdot z + E_y \cdot z \cdot x + E_z \cdot x \cdot y) = 1 \quad (16)$$

wobei die Richtungen x mit der Kristallrichtung <100>, y mit <010> und z mit <001> übereinstimmen. Wird nun die Lichtausbreitung in z-Richtung betrachtet, so wird ein Schnitt der Indikatrix in der x-y-Ebene im Koordinatenursprung durchgeführt, was mathematisch mit der Bedingung z=0 zu beschreiben ist.

Die Indikatrix ändert sich in diesem Fall zu

$$\frac{1}{n_0^2}(x^2 + y^2) + 2r_{41} \cdot E_z \cdot x \cdot y = 1. \quad (17)$$

Nach Durchführung einer Koordinatentransformation von (x,y) nach (x', y') mit

$$x = (x' - y') \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (18)$$

$$y = (x' + y') \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (19)$$

läßt sich die Indikatrix aus (17) beschreiben durch

$$\frac{x'^2}{n_x^2} + \frac{y'^2}{n_y^2} = 1 \quad (20)$$

mit den Brechungsindizes  $n_x$  und  $n_y$  entlang der  $x'$ - und  $y'$ -Richtung (unter Vernachlässigung von Termen mit höheren Potenzen von  $r_{41}$ ) gemäß

$$n_x = n_0 - \frac{1}{2} n^3 r_{41} E_z \quad (21)$$

$$n_y = n_0 + \frac{1}{2} n^3 r_{41} E_z \quad (22).$$

In (21) und (22) zeigt sich, daß bei Lichtausbreitung in  $z$ -Richtung entlang einer Hauptachse im Kristall die Indikatrix ausschließlich durch die elektrische Feldkomponente in Ausbreitungsrichtung beeinflusst wird. Andere Feldkomponenten beeinflussen die Indikatrix und damit die Phasenverzögerung, die proportional zur Differenz von  $n_x$  und  $n_y$  ist, als Maß für die lokalen Feldstärken in diesem Fall nicht.

Das Signal A aus (15) ist also proportional zur Spannung  $U_{A,B}$ , die über die Sensorkristalle abfällt, die sich auf der Meßstrecke des Sensoraktivteils 21 befinden.

Wird zur Anpassung der Spannungsebene der Gesamtspannungsabfall über mehrere Sensorelemente aufgeteilt (Fig. 6), so führt die Summation der Teilspannungen der Sensorelemente wieder zur Gesamtspannung.

Beinhaltet das Sensorelement nur einen einzigen Sensorkristall, so wird in diesem Fall keine Spannung gemessen, sondern nur eine Feldstärkekomponente, die über dem Sensorkristall abfällt. Der Spannungssensor läßt sich als Sensor für eine elektrische Feldstärkekomponente einsetzen.

In Fig. 7 sind die Auswertemittel 30 dargestellt. Sie enthalten eine Lichtquelle 31 und mindestens zwei elektrooptische Wandler 32 und 33. Die Signale werden durch Baugruppen 40 vorverarbeitet, digitalisiert durch einen mehrkanaligen AD-Wandler 51, in einem Rechner 53 bearbeitet und als Ausgangsgröße A über einen DA-Wandler 52 zur Verfügung gestellt. In den Baugruppen 40 wird das von den Empfängern 32 und 33 detektierte Signal normiert, so daß der nachgeschaltete AD-Wandler ausreichend angesteuert ist. Zu diesem Zweck wird üblicherweise ein analoger Dividierer sowie ein analoger Hoch- und Tiefpaß oder ein Subtrahierer als Ersatz eines Hoch- oder Tiefpasses eingesetzt, die direkt die mathematische Funktion realisieren, wie es beispielsweise in Fig. 8 dargestellt ist. Die Normierung wird üblicherweise bei optischen Sensoren eingesetzt, die auf einer optischen Übertragungsstrecke ein intensitätsmoduliertes Signal übertragen, das einer zeitlichen Veränderung der optischen Dämpfung unterliegt. Ferner kann ebenfalls der Einfluß der Steilheit des Empfängers eliminiert werden. Die üblicherweise verwendete Schaltung besitzt den Nachteil, daß der Dividierer bei Zunahme der Dämpfung auf der optischen Übertragungsstrecke zwischen Lichtquelle und Empfänger nicht mehr ausreichend angesteuert ist oder andererseits bei Abnahme der Dämpfung auf der optischen Übertragungsstrecke übersteuert werden kann. Somit können durch die Elektronik Fehler entstehen. Eine Lösung dieser Problematik bietet sich durch den Einsatz eines Multiplizierers an, der in einer Rückkopplungsschleife integriert ist, so daß Toleranzen der Bauteile durch die Regelschleife ausgeregelt werden können. Eine Ausregelung der Toleranzen ist notwendig, da in der Praxis keine kommerziell erhältlichen Bauteile zur Verfügung stehen, die eine ausreichende Genauigkeit aufweisen.

Ein prinzipieller Aufbau der Schaltung ist in Fig. 9 gezeigt. Das zu normierende Eingangssignal I wird als erster Faktor einem Multiplizierer MUL zugeführt, der zweite Faktor für den Multiplizierer wird durch die Funktionseinheit INT aus dem Ausgangssignal des Multiplizierers MUL und aus einer Referenzgröße  $V_{ref}$  gewonnen. Die Funktionseinheit kann in einem Ausführungsbeispiel einen

Integrator darstellen. In diesem Fall generiert der Integrator eine Stellgröße als zweiten Faktor für den Multiplizierer, die den DC-Anteil der Ausgangsgröße auf den Wert ausregelt, der durch  $V_{ref}$  vorgegeben ist. Der AC-Anteil des Signals  $I$  wird mit demselben Faktor, den die Regelung für den DC-Anteil ermittelt, skaliert. In einer anderen Ausführungsform kann die Funktionseinheit INT einen Spitzenwertgleichrichter darstellen. In diesem Fall würde das Eingangssignal mit einem Faktor skaliert, so daß der Spitzenwert von  $I_N$  dem Pegel  $V_{ref}$  entspricht. Der Multiplizierer kann auch durch ein anderes spannungsgesteuertes Koeffizientenglied realisiert werden.

**Schutzansprüche:**

1. Verfahren zur Messung einer elektrischen Spannung, wobei die elektrische Spannung eine Wechselgröße ist, bei der unter Verwendung mindestens einer Lichtquelle (31) und mindestens einer optischen Übertragungsstrecke (OS) wenigstens ein Sensorelement (20) und Auswertemittel (30) unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts benutzt werden, bei dem ein von der Lichtquelle (31) erzeugtes Meßlicht ein aus mindestens 2 Sensorkristallen bestehendes Sensoraktivteil (21), an dem eine elektrische Spannung anliegt, durchdringt, und der Polarisationszustand des Meßlichts nach Durchlaufen der Sensorkristalle einer weiteren Verwendung zugeführt wird zur Verarbeitung von Informationen, die nach geeigneter Auswertung ein Maß für die elektrische Spannung, die über den Sensorkristallen abfällt, darstellen, wobei die Anzahl der Sensorkristalle auf der Meßstrecke bezogen auf die Inhomogenität der elektrischen Feldverteilung hinreichend groß gewählt wird und die Länge der Meßstrecke in derselben Größenordnung liegt wie die Länge der Strecke, über die die zu messende Spannung abfällt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Sensoraktivteil (21) ein temperaturabhängiges Material beinhaltend verwendet wird, das eine Temperaturabhängigkeit der optischen Aktivität aufweist, und durch die optische Aktivität ein Maß für die am temperaturabhängigen optischen Element (16) herrschende Temperatur für die Bewertung der Meßwerte zur Verfügung gestellt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die im Sensoraktivteil (21) befindlichen Sensorkristalle hintereinander in derselben kristallographischen Orientierung befindlich von einem

einzigem Lichtstrahl durchstrahlt werden und die Auswirkungen der elektrooptischen Effekte auf den Lichtstrahl in den einzelnen Sensorkristallen addiert werden sowie die Summe der Auswirkungen der elektrooptischen Effekte in den Sensorkristallen als Basis für die Ermittlung der anliegenden Spannung bereitstehen und verwandt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die über ein Sensorelement (20) abfallende Teilspannung ( $U_1$ ) gemessen und die über mindestens ein weiteres Sensorelement (20) abfallende Teilspannung ( $U_2$ ) gemessen wird und die Summe der gemessenen Teilspannungen zur Ermittlung der an den Sensorelementen anliegenden Gesamtspannung zur Verfügung steht und verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die über eine Vielzahl N von Sensorelementen (20-1,...,20-N) abfallenden Teilspannungen  $U_1$  bis  $U_{NSE}$  gemessen werden und die Summe der Teilspannungen aus  $U_1$  und  $U_N$  zur Ermittlung der zu messenden Gesamtspannung U zur Verfügung steht und verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die an einer Anzahl  $N_{SA}$  ( $N_{SA}$  größer oder gleich 1) von Sensoraktivteilen (21), die in einem Sensorelement (20) enthalten sind, anliegenden Spannungen  $U_{SA,1} \dots U_{SA,NSA}$  gemessen werden und die Summe der Spannungen aus  $U_{SA,1} \dots U_{SA,NSA}$  zur Ermittlung der am Sensorelement (20) anliegenden Spannung U zur Verfügung steht und verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die von dem (den) Sensorelement(en) (20) übermittelten optischen Wellen detektiert und jeweils als Signal I über eine in den Auswertemitteln (30) enthaltene Baugruppe (40) in ein Signal  $I_N$  umgewandelt werden, indem dieses Signal I aus einem Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe

besteht, die sich mit der Frequenz der zu messenden Spannung zeitlich ändert, deren Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird, und die Änderung des Gleichanteiles  $I_{DC}$  als weitere kennzeichnende Größe des Signals  $I$ , die mit der Zeitkonstante  $T_{DC}$  beschrieben wird, wobei die Zeitkonstante  $T_{DC}$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$  und die Normierung über eine Multiplikation vom Signal  $I$  mit einem Faktor  $K$  in der Art und Weise geschieht, daß der Gleichanteil von  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und der zur Aufbereitung verwendete Faktor  $K$  in einer geschlossenen Regelschleife ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die von dem (den) Sensorelemente(n) (20) übermittelten optischen Wellen detektiert und als Signal  $I$  über eine in den Auswertemitteln (30) enthaltene Baugruppe (40) in ein Signal  $I_N$  umgewandelt werden, indem dieses Signal  $I$  aus einem Wechselanteil  $I_{AC}$  als kennzeichnende Größe besteht, die sich mit der Frequenz der zu messenden Spannung zeitlich ändert, deren Zeitkonstante mit  $T_{AC}$  bezeichnet wird und die Änderung des Spitzenwertes des Signals  $I_s$  als weitere kennzeichnende Größe des Signals  $I$  mit der Zeitkonstante  $T_s$  beschrieben wird, wobei die Zeitkonstante  $T_s$  deutlich größer ist als  $T_{AC}$  und die Normierung über eine Multiplikation vom Signal  $I$  mit einem Faktor  $K$  in der Art und Weise geschieht, daß der Spitzenwert von  $I_N$  den vorgegebenen Wert eines Referenzsignals  $V_{ref}$  annimmt und der zur Aufbereitung verwendete Faktor  $K$  in einer geschlossenen Regelschleife ermittelt wird.
9. Einrichtung zur Messung der elektrischen Spannung, bei dem die elektrische Spannung eine Wechselgröße ist und mindestens eine Lichtquelle (31), mindestens eine optische Übertragungsstrecke (OS), mindestens ein Sensorelement (20) und Auswertemittel (30) unter Ausnutzung des Pockel's-Effekts vorhanden sind, bei dem das (die) Sensorelement(e) (20) jeweils mindestens ein Sensoraktivteil (21) beinhaltet(en), das jeweils mindestens  $N_{SK}$  ( $N_{SK}$  größer oder gleich zwei)

elektrooptische von einem polarisierten Meßlicht durchdrungene Sensorkristalle ( $SK_1 \dots SK_N$ ) aufweist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, bei dem den elektrooptischen von einem polarisierten Meßlicht durchdrungenen Sensorkristallen ( $SK_1 \dots SK_N$ ) ein weiteres optisches Element (16) nachgeordnet ist.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, bei dem die elektrooptischen von einem polarisierten Meßlicht durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1 \dots SK_N$ ) aus dem Material  $Bi_4Ge_3O_{12}$  bestehen.
12. Einrichtung nach Anspruch 10, bei dem die elektrooptischen von einem polarisierten Meßlicht durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1 \dots SK_N$ ) aus dem Material  $Bi_4Si_3O_{12}$  bestehen.
13. Einrichtung nach Anspruch 10, bei dem die elektrooptischen von einem polarisierten Meßlicht durchdrungenen Sensorkristalle ( $SK_1 \dots SK_N$ ) aus einer Verbindung der Kristallgruppe  $\bar{4}3m$  bestehen.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei dem das optische Element (16) aus dem Material  $Bi_{12}GeO_{20}$  besteht.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei dem das optische Element (16) aus dem Material  $Bi_{12}SiO_{20}$  besteht.
16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei dem das optische Element (16) aus einer Verbindung der Kristallgruppe 23 besteht.
17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, bei dem das Sensoraktivteil (21) aus mehreren aufeinanderfolgenden gerichteten mittels eines einzigen Lichtstrahls durchstrahlbaren in derselben kristallographischen Orientierung befindlichen Sensorkristallen besteht.

18. Einrichtung nach Anspruch 17, bei dem die Sensorkristalle von einer räumlichen Struktur umfaßt sind, die die Orientierung mehrerer Sensorkristalle in Durchstrahlrichtung ermöglichend ausgebildet ist.
19. Einrichtung nach Anspruch 18, bei dem die räumliche Struktur die Sensorkristalle außerhalb tragend ausgebildet ist und die Sensorkristalle in Durchstrahlrichtung orientiert sind.
20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, bei der bei Verwendung von  $N_{SE}$  Sensorelementen (20) ( $N_{SE}$  größer oder gleich eins) diese so angeordnet sind, daß an ihnen die Teilspannungen  $U_{SE,1}$  bis  $U_{SE,NSE}$  abfallen und die Summe der Teilspannungen die zu messende Gesamtspannung  $U$  ergibt.
21. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, bei der die Auswertemittel (30) mindestens eine Baugruppe (40) beinhalten, über die die Normierung über eine Multiplikation des Eingangssignals mit einem Faktor durchgeführt wird, wobei der Faktor von einer Funktionseinheit generiert wird, dessen Eingangsgröße die Differenz aus einem Referenzsignal und aus dem mit dem Faktor beaufschlagten Eingangssignal darstellt.
22. Einrichtung nach Anspruch 20, bei der die Funktionseinheit ein Integrator ist.
23. Einrichtung nach Anspruch 20, bei der die Funktionseinheit ein Tiefpaß ist.
24. Einrichtung nach Anspruch 20, bei der die Funktionseinheit ein Spitzenwertgleichrichter ist.

25. Einrichtung nach Anspruch 9, bei der mehr als zwei Sensoraktivteile (21) verwendet werden und die Anzahl der Sensorkristalle  $N_{sk}$  in den Sensoraktivteilen verschieden sein kann.

1 / 4

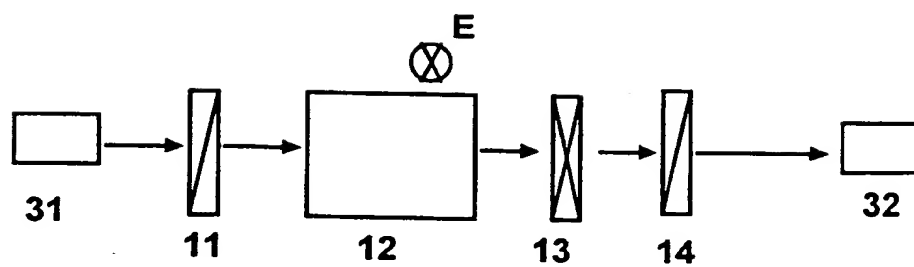


Fig. 1

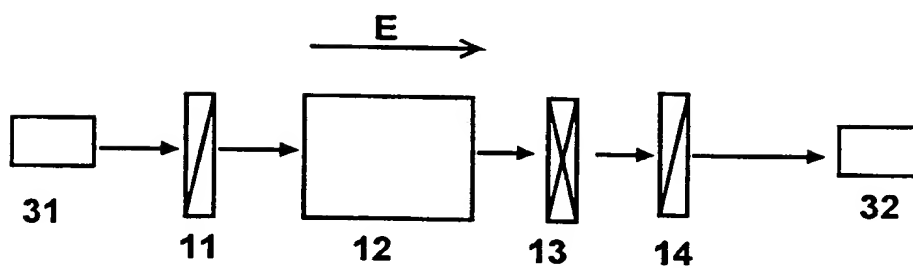


Fig. 2

2 / 4

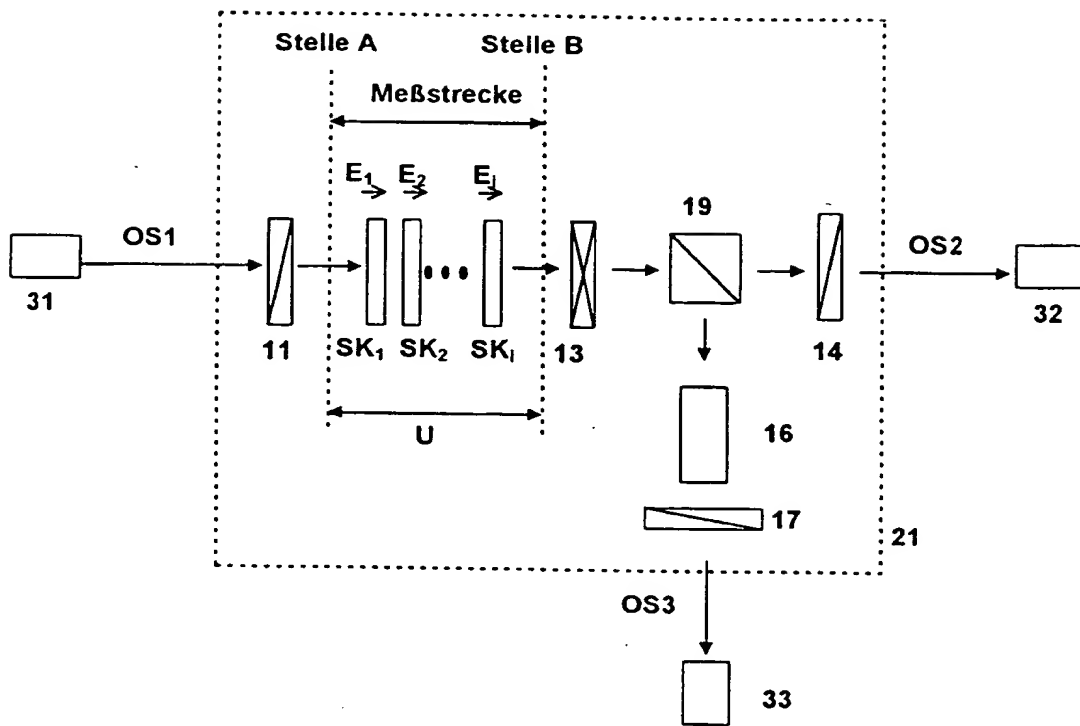


Fig. 3

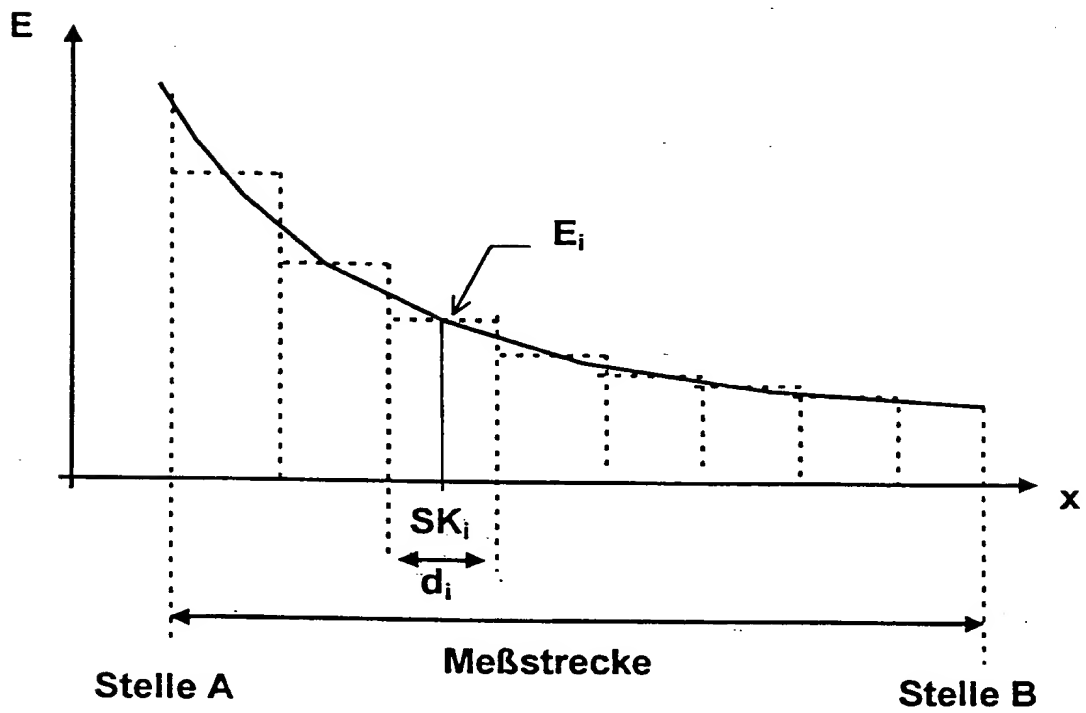


Fig. 4

3 / 4

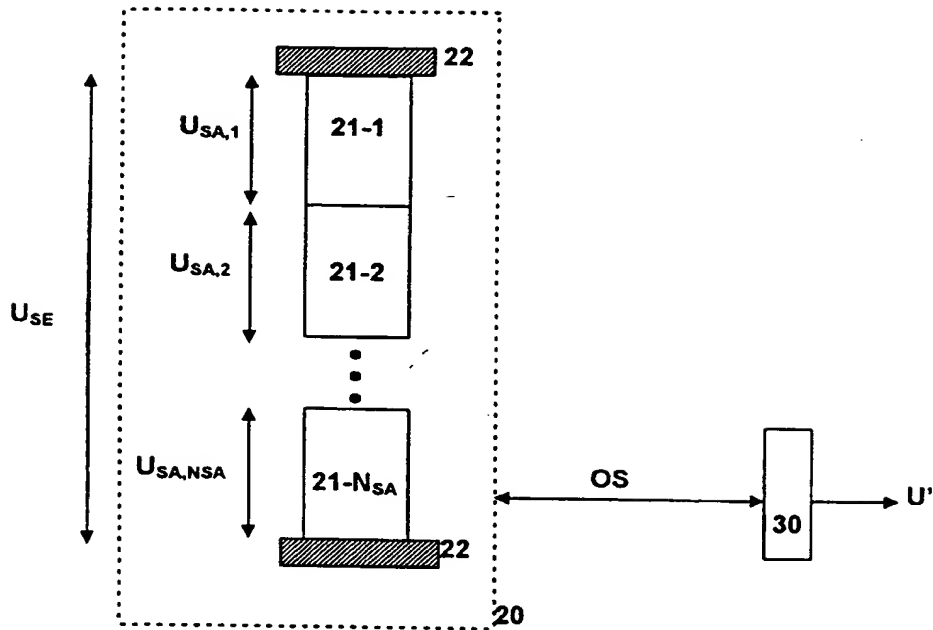


Fig. 5

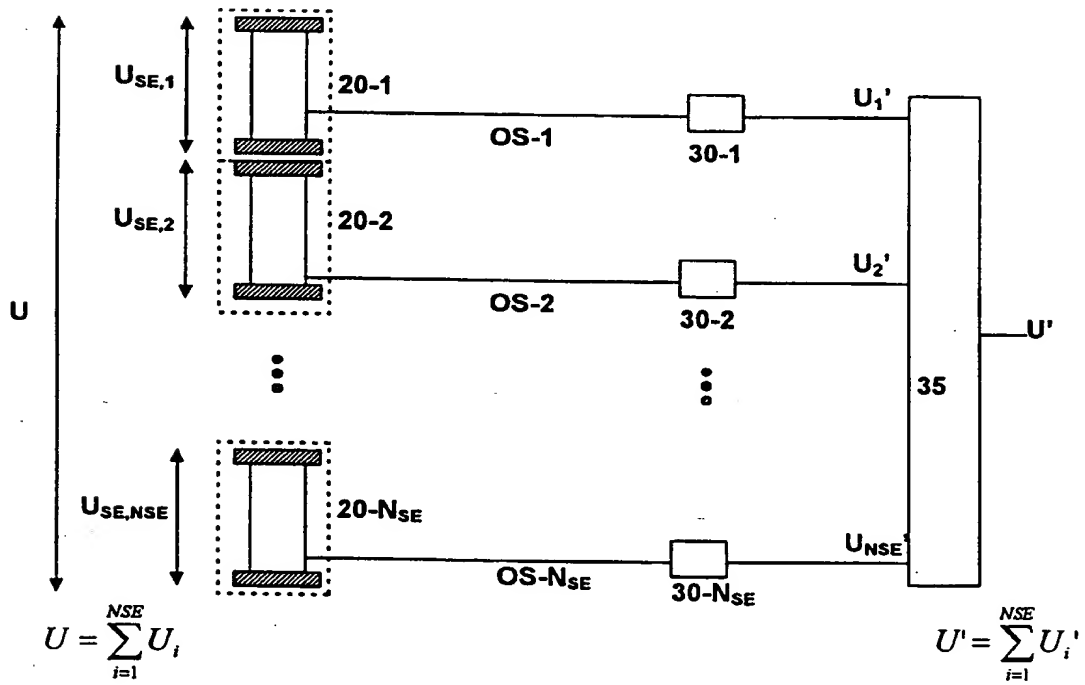


Fig. 6

4 / 4

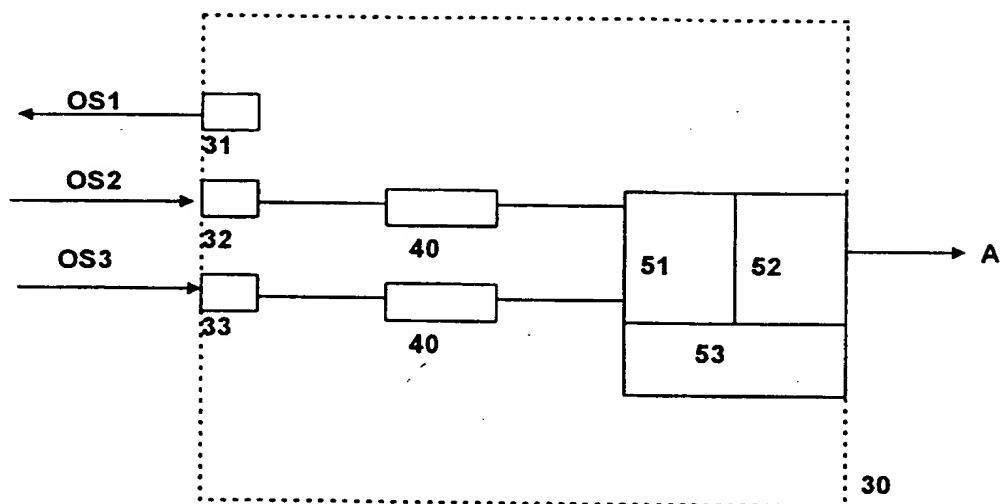


Fig. 7

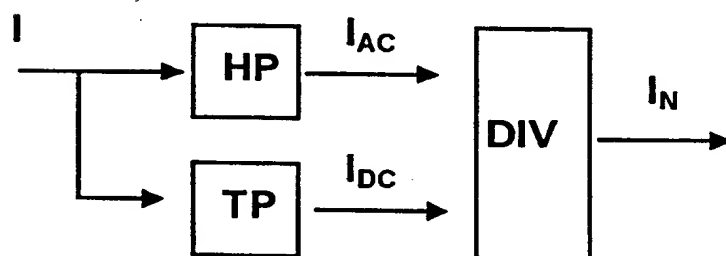


Fig. 8

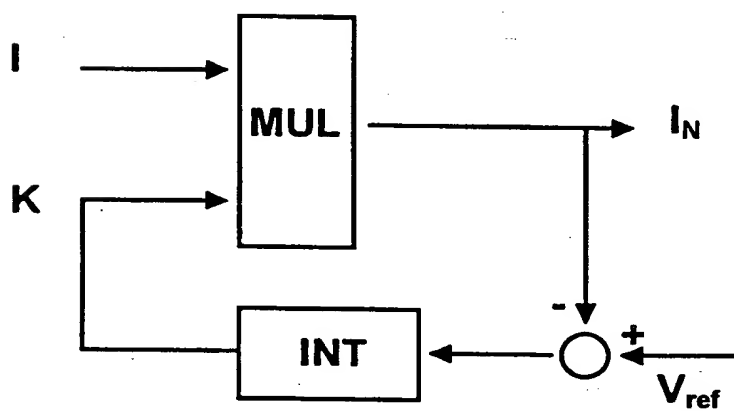


Fig. 9